

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-307307

(43)Date of publication of application : 02.11.2001

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

G11B 5/31

(21)Application number : 2000-118447

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 19.04.2000

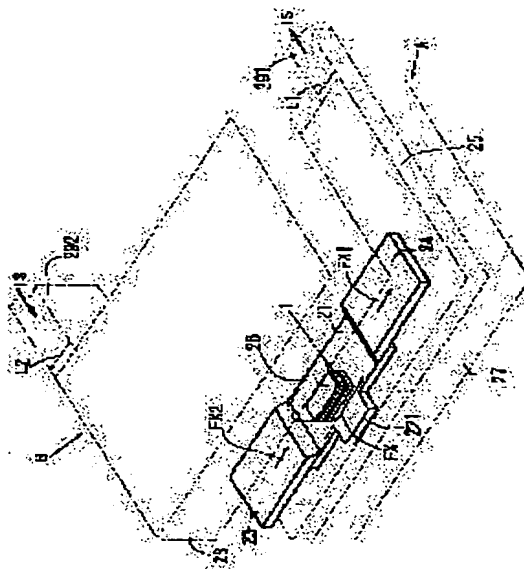
(72)Inventor : SHIMAZAWA KOJI  
UMEHARA TAKESHI  
ARAKI SATORU

(54) TUNNEL MAGNETO-RESISTANCE EFFECT ELEMENT, THIN FILM MAGNETIC HEAD, MAGNETIC HEAD DEVICE AND MAGNETIC DISK DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a TMR element capable of strengthening a bias magnetic field impressed to a free layer.

SOLUTION: A ferromagnetic tunnel effect layer 1 has a structure where a tunnel barrier layer 11 is horded by a free layer 12 and a pinned layer 14. Magnetic bias means 21, 23 and 24 apply a bias magnetic field FX to the free layer 12. At least one of first and second conductive layers A and B generates magnetic field components FX1 and FX2 in the same direction as that for the bias magnetic field FX by a sense current IS flowing in itself.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.11.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 20.08.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE RI ANK ALCPTOL

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] It is a tunnel magneto-resistive effect component containing the ferromagnetic tunnel effect film, a magnetic-bias means, the 1st conductive layer, and the 2nd conductive layer. Said ferromagnetic tunnel effect film It has the structure whose tunnel barrier layer was pinched by the free layer and the pinned layer. Said magnetic-bias means It is what impresses a bias field to said free layer. Said 1st conductive layer It is arranged at the whole surface side of said ferromagnetic tunnel effect film, and flows electrically on said ferromagnetic tunnel effect film. Said 2nd conductive layer On the other hand, it is arranged at a side, and flows electrically on said ferromagnetic tunnel effect film. said ferromagnetic tunnel effect film -- either [ at least ] said 1st conductive layer or the 2nd conductive layer The tunnel magneto-resistive effect component which produces the field component of the same direction as said bias field according to the sense current which flows to self.

[Claim 2] It is the tunnel magneto-resistive effect component indicated by claim 1. Said 1st conductive layer The 1st electrode / magnetic-shielding section, and the 1st lead polar zone are included. Said the 1st electrode / magnetic-shielding section It is arranged at the whole surface side of said ferromagnetic tunnel effect film. Said 1st lead polar zone The tunnel magneto-resistive effect component with which the sense current which flows in said the 1st electrode / magnetic-shielding section follows electrically a part of said the 1st electrode / magnetic-shielding section in the location which produces the field component of the same direction as said bias field.

[Claim 3] It is the tunnel magneto-resistive effect component which continues electrically at a part of said the 1st electrode / magnetic-shielding section in the location which is the tunnel magneto-resistive effect component indicated by claim 2, and was separated from the center line of said ferromagnetic tunnel effect film with which the direction of said bias field and said 1st lead polar zone cross at right angles in the direction of said bias field.

[Claim 4] It is the tunnel magneto-resistive effect component indicated by any of claims 2 or 3 they are. Said 2nd conductive layer The 2nd electrode / magnetic-shielding section, and the 2nd lead polar zone are included. Said the 2nd electrode / magnetic-shielding section On the other hand, it is arranged at the side. said ferromagnetic tunnel effect film -- said 2nd lead polar zone The tunnel magneto-resistive effect component with which the sense current which flows in said the 2nd electrode / magnetic-shielding section follows electrically a part of said the 2nd electrode / magnetic-shielding section in the location which produces the field component of the same direction as said bias field.

[Claim 5] It is the tunnel magneto-resistive effect component which continues electrically at a part of said the 2nd electrode / magnetic-shielding section in the location which is the tunnel magneto-resistive effect component indicated by claim 4, and was separated from the center line of said ferromagnetic tunnel effect film with which the direction of said bias field and said 2nd lead polar zone cross at right angles in the direction of said bias field.

[Claim 6] It is the tunnel magneto-resistive effect component which is a tunnel magneto-resistive effect component indicated by any of claims 4 or 5 they are, divides said 1st lead polar zone and said 2nd lead polar zone into the both sides of said center line, and is arranged.

[Claim 7] It is the tunnel magneto-resistive effect component to which it is the tunnel magneto-resistive effect component indicated by any of claims 4 or 5 they are, and said 1st lead polar zone and said 2nd lead polar zone are located in one side of said center line.

[Claim 8] It is the tunnel magneto-resistive effect component indicated by any of claims 6 or 7 they are. The 1st central point set up as the middle point of boundary length on the boundary line produced between said the 1st electrode / magnetic-shielding section, and said 1st lead polar zone, Or the 2nd central point set up as the middle point of boundary length on the boundary line produced between said the 2nd electrode / magnetic-shielding section, and said 2nd lead polar zone. The tunnel magneto-resistive effect component whose plane angle which the segment which connects the central point set as said ferromagnetic tunnel effect film makes to the segment lengthened in the direction of said bias field is 5 degrees or more.

[Claim 9] that to which it is the tunnel magneto-resistive effect component indicated by any [ claim 1 thru/or ] of 8 they are, as for said bias grant means, said magnetic-bias means impresses a bias field to said bias field induction layer including a bias grant means and a bias field induction layer, and said bias field induction layer impresses a bias field to said free layer -- it is -- such -- a \*\* tunnel magneto-resistive effect component.

[Claim 10] For said bias field induction layer, an end is the tunnel magneto-resistive effect component for which it is the tunnel magneto-resistive effect component indicated by any [ claim 1 thru/or ] of 9 they are, and said flux guide section constituted the flux probe section, and has projected it including the flux guide section by width of face with said flux probe section narrower than full [ of said magnetic-bias means ].

THIS PAGE IS BLANK

[Claim 11] It is the tunnel magneto-resistive effect component indicated by any [ claim 1 thru/or ] of 9 they are. Said magnetic-bias means A bias grant means, a bias field induction layer, and a flux guide layer are included. Said bias grant means It is what impresses a bias field to said bias field induction layer. Said bias field induction layer It is what impresses a bias field to said free layer. Said flux guide layer As the direction of the bias field of said bias field induction layer is intersected, while a laminating is carried out to said bias field induction layer It is the tunnel magneto-resistive effect component which it was magnetically combined with said free layer, and the end constituted the flux probe section, and the width of face of said flux probe section is narrower than the width of face of said bias field induction layer, and has been projected from said bias field induction layer.

[Claim 12] It is the thin film magnetic head which it is the thin film magnetic head containing at least one read-out component, and said read-out component becomes with the tunnel magneto-resistive effect component indicated by any [ claim 1 thru/or ] of 10 they are.

[Claim 13] The thin film magnetic head which is the thin film magnetic head indicated by claim 12, and contains at least one write-in component further.

[Claim 14] the thin film magnetic head indicated by claim 13 — it is — said write-in component — an induction type — electromagnetism — a sensing element — it is — said induction type — electromagnetism — the thin film magnetic head from which the sensing element contains the 1st magnetic film, 2nd magnetic film, and gap film, each end is separated with said gap film, and said the 1st magnetic film and said 2nd magnetic film constitute the write-in pole section.

[Claim 15] the thin film magnetic head indicated by claim 13 — it is — said write-in component — an induction type — electromagnetism — a sensing element — it is — said induction type — electromagnetism — the thin film magnetic head with which said 1st magnetic film contains the main pole and an auxiliary magnetic pole including the 1st magnetic film and the 2nd magnetic film in the sensing element, said main pole constitutes the perpendicular write-in pole section, and said auxiliary magnetic pole has combined magnetically said main pole and said 1st magnetic film.

[Claim 16] It is magnetic-head equipment with which are magnetic-head equipment containing the thin film magnetic head and head means for supporting, and said thin film magnetic head was indicated by any [ claim 12 thru/or ] of 15 they are, and said head means for supporting come to support said thin film magnetic head.

[Claim 17] It is the magnetic disk drive with which are a magnetic disk drive containing magnetic-head equipment and a magnetic disk, and said magnetic-head equipment was indicated by claim 16, and said magnetic disk comes to carry out magnetic recording and playback between said magnetic-head equipment.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a tunnel magneto-resistive effect component (a TMR component is called below), the thin film magnetic head, magnetic-head equipment, and a magnetic disk drive.

[0002]

[Description of the Prior Art] The head of high sensitivity and high power is demanded in connection with the densification of a hard disk (HDD). The TMR component attracts attention as what meets this demand. The TMR component uses the ferromagnetic tunnel effect film which consists of multilayer structure of a ferromagnetic layer / tunnel barrier layer / ferromagnetic layer. The ferromagnetic tunnel effect means the phenomenon in which the tunnel current which flows a tunnel barrier layer changes depending on whenever [ angular relation / of magnetization of both ferromagnetic layers ], when passing a current between the ferromagnetic layers of the pair whose tunnel barrier layer is pinched. The tunnel barrier layer in this case is a thin insulator layer, and it can pass an electron, saving spin according to the tunnel effect.

[0003] In the TMR component, it is reported that 12% or more of resistance rate-of-change  $\Delta R/R$  is shown. about [ from which application of magnetic HEDDOHE still began although such a TMR component was expected as a next-generation sensor which replaces the sensor which used the spin bulb film (the Spin Valve film and the following SV film are called) ] — it is — as one of the present technical problems — a TMR property — the maximum student or \*\*\*\* — development of new head structure is mentioned. That is, in order for the ferromagnetic tunnel effect film itself to take the geometric structure of passing a current in the thickness direction of a cascade screen, the design of new head structure by which the conventional proposal is not made is required.

[0004] The conventional example which applied the TMR component to magnetic-head structure is indicated by U.S.P.5,729,410, U.S.P.5,898,547, U.S.P.5,898,548, U.S.P.5,901,018, etc. In these official reports, the technical improvement is proposed that it can respond mainly to super-high density record. However, the development demand of the TMR magnetic head to super-high density record will become more advanced, and it waits eagerly for the proposal of the highly efficient TMR magnetic head also compared with the former.

[0005] For example, it is very important how when using a TMR component as a reading component of the thin film magnetic head, a means to impress a bias field to a free layer is constituted, in order to secure operational stability. Since a current flows to a film surface perpendicular in the case of a TMR component, if a hard magnet is contacted at the component edge like a GMR head, a TMR component will short-circuit with a hard magnet, and a current will not flow in a tunnel barrier layer. The problem that TMR rate of change is no longer obtained as a result, and a head output is no longer obtained occurs.

[0006] In order to avoid such a thing, U.S.P.5,729,410 are indicating the structure of insulating between TMR components with a hard magnet by the thin insulating layer. Moreover, this invention persons made T-like configuration the soft magnetism film which constitutes the flux probe section, extended the base of the flux probe section crosswise [ truck ], considered as the configuration where width of face is wider than the ferromagnetic tunnel effect film, and proposed the structure which forms a hard magnet or an antiferromagnetism layer in a part for the both ends (Japanese Patent Application No. No. 171869 [ 11 to ]).

[0007] However, in connection with the densification of record, the magnetic record pattern recorded on media is reduced, and the area of the TMR component carried in the reproducing head must also be reduced in connection with it. For example, in order to make it adapted for the recording density of 40Gbspi, a TMR component must be reduced even to the size of 0.4x0.4 (micrometer<sup>2</sup>) extent. the size of the hard magnet which naturally impresses a bias field to a free layer, or the antiferromagnetism film — small — not becoming — even if it does not obtain but applies the advanced technology mentioned above, it becomes difficult to impress sufficient bias field for a free layer.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The technical problem of this invention is to offer a TMR component applicable to super-high density record, the thin film magnetic head, magnetic-head equipment, and a magnetic disk drive.

[0009] Another technical problem of this invention is offering the TMR component which can reinforce the bias field impressed to a free layer, the thin film magnetic head, magnetic-head equipment, and a magnetic disk drive.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In order to solve such a technical problem, the TMR component concerning this

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



invention contains the ferromagnetic tunnel effect film, a magnetic-bias means, the 1st conductive layer, and the 2nd conductive layer.

[0011] Said ferromagnetic tunnel effect film has the structure whose tunnel barrier layer was pinched by the free layer and the pinned layer. Said magnetic-bias means impresses a bias field to said free layer.

[0012] said 1st conductive layer is arranged to the whole surface side of said ferromagnetic tunnel effect film -- having -- said ferromagnetic tunnel effect film -- electric -- flowing -- said 2nd conductive layer -- said ferromagnetic tunnel effect film -- on the other hand, it is arranged at a side, and flows electrically on said ferromagnetic tunnel effect film.

[0013] Either [ at least ] said 1st conductive layer or the 2nd conductive layer produces the field component of the same direction as said bias field according to the sense current which flows to self.

[0014] The TMR component concerning this invention has the ferromagnetic tunnel effect film which consists of multilayer structure of a free layer / tunnel barrier layer / pinned layer, and when a current is passed between the free layers and pinned layers whose tunnel barrier layer is pinched, the tunnel current which flows a tunnel barrier layer changes depending on whenever [ angular relation / of the magnetization between a free layer and a pinned layer ] (the TMR effectiveness). Although the direction of magnetization of a pinned layer is immobilization, the direction of magnetization of a free layer changes according to an external magnetic field. Therefore, an external magnetic field is detectable by detecting the current which flows for a TMR component, or its rate of change.

[0015] The TMR component concerning this invention includes a magnetic-bias means. A magnetic-bias means impresses a bias field to said free layer. Thereby, the Barkhausen noise in a free layer can be removed and the detecting signal of high quality can be obtained.

[0016] The TMR component concerning this invention contains the 1st conductive layer and the 2nd conductive layer. Said 1st conductive layer is arranged at the whole surface side of said ferromagnetic tunnel effect film, and it flows through it on said ferromagnetic tunnel effect film electrically, and it is also [ film ] used as an electrode layer and a magnetic-shielding layer. said 2nd conductive layer -- said ferromagnetic tunnel effect film -- on the other hand, it is arranged at a side, and flows electrically on said ferromagnetic tunnel effect film. Therefore, a sense current can be supplied to the ferromagnetic tunnel effect film 1 by the 1st and 2nd conductive layers.

[0017] Either [ at least ] said 1st conductive layer or the 2nd conductive layer produces the field component of the same direction as said bias field according to the sense current which flows to self. Therefore, the bias field which should be impressed to a free layer can be reinforced using the field which the sense current which flows to the 1st conductive layer or 2nd conductive layer makes.

[0018] For this reason, corresponding to high density record, the area of a TMR component is reduced and it is followed, and also when the size of the hard magnet which impresses a bias field to a free layer, or the antiferromagnetism film is reduced, it becomes possible to impress sufficient bias field for a free layer.

[0019] This invention is indicated again also about the electrode structure, the shielding structure over the ferromagnetic tunnel effect film, the thin film magnetic head that read the TMR component and was further used as a component, the magnetic-head equipment using this thin film magnetic head, and the magnetic disk drive for passing a current on the ferromagnetic tunnel effect film.

[0020]

[Embodiment of the Invention] The perspective view showing one example of the TMR component which drawing 1 requires for this invention, the partial expansion top view of the TMR component which showed drawing 2 to drawing 1, the transverse-plane sectional view of the TMR component which showed drawing 3 to drawing 1 and drawing 2, and drawing 4 are the sectional views which met four to 4 line of drawing 3. These drawings are exaggeratingly illustrated so that he can understand the description part of this invention easily. The perimeter of the part shown by hatching is covered with the nonmagnetic insulating layer which becomes with the ceramics etc. in drawing 3 and drawing 4.

[0021] The illustrated TMR component contains the ferromagnetic tunnel effect film 1, the magnetic-bias means 21, 23, and 24, the 1st conductive layer A, and the 2nd conductive layer B.

[0022] When drawing 3 and 4 are referred to, the ferromagnetic tunnel effect film 1 includes the tunnel barrier layer 11, the free layer 12, and a pinned layer 13. The tunnel barrier layer 11 of a pinned layer [ the free layer 12 and ] 13 is pinched.

[0023] The free layer 12 answers the external magnetic field which is magnetic information, and the sense of magnetization changes. Moreover, pinning of the pinned layer 13 is carried out so that the magnetization direction may turn to the fixed direction. Therefore, the laminating of the pinning layer 14 for carrying out pinning of the magnetization of a pinned layer 13 is usually carried out to a field opposite to the side which touches the tunnel barrier layer 11 of a pinned layer 13. In the illustration example, the laminating of the ferromagnetic tunnel effect film 1 is carried out to the order of the free layer 12, the tunnel barrier layer 11, and a pinned layer 13.

[0024] Although especially the thickness of the free layer 12 is not limited, it is good preferably to set [ 1-8nm / 1-6nm ] it as the range of 1-4nm more preferably. If this thickness is set to less than 1nm, it will become difficult on a membrane formation technique to make width of face Lm of the cross direction of the bias field induction layer 21 into sufficient magnitude. Moreover, if this thickness exceeds 50nm, by dispersion in the property of the free layer 12 interior, distribution of electron spin polarizability will arise and un-arranging [ that TMR rate of change will decrease as a result ] will arise.

[0025] The quality of the material which constitutes the free layer 12 and a pinned layer 13 has the desirable high spin polarization ingredient with which high TMR rate of change is obtained, for example, Fe, Co, nickel, FeCo, NiFe,

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

CoZrNb, FeCoNi, etc. are used. These may be the layered products more than two-layer. As mentioned above, 1–8nm of thickness of the free layer 12 is preferably set to 1–4nm. If there is an inclination for an output to decline if thickness becomes thick too much and thickness becomes thin too much, magnetic properties will become unstable and un-arranging [ that the noise at the time of head actuation increases ] will arise. 1–10nm of thickness of a pinned layer 13 is preferably set to 2–5nm. If pinning of the magnetization by the pinning layer 14 will become weaker if thickness becomes thick too much, and thickness becomes thin too much, the inclination for TMR rate of change to decrease will arise.

[0026] Although the pinning layer 14 which carries out pinning of the magnetization of a pinned layer 13 will not be especially limited if the pinning function is achieved, an antiferromagnetism ingredient is usually used. Thickness is usually set to about 60–5nm.

[0027] The tunnel barrier layer 11 consists of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO, GdO, MgO, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MoO<sub>2</sub> and TiO<sub>2</sub>, and WO<sub>2</sub> grade. Although it is desirable that it is thin as much as possible for the reduction in resistance of a component, it is too thin not much, and leakage current will drop off and the thickness of the tunnel barrier layer 11 is not desirable, if a pinhole is generated. Generally, it may be about 0.5–2nm.

[0028] voice also with desirable also using the free layer 12 as the synthetic ferry magnet (synthetic ferrimagnet) illustrated by the three-layer layered product of for example, a NiFe layer (2nm in thickness) / Ru layer (0.7nm in thickness) / NiFe layer (2.5nm in thickness) in this invention — it is one [ like ]. In this case, the magnetization direction of an up-and-down NiFe layer and a NiFe layer turns into hard flow mutually, respectively. Since the thickness of the effectual free layer 12 can be thinly set up when a synthetic ferry magnet is used, magnetic field sensibility improves and there is a merit that an output becomes large. Moreover, such a synthetic ferry magnet is applicable also to a pinned layer 13.

[0029] In the above-mentioned ferromagnetic tunnel effect film 1, when the sense current IS is passed between the free layers 12 and pinned layers 13 whose tunnel barrier layer 11 is pinched, the tunnel current which flows the tunnel barrier layer 11 changes depending on whenever [ angular relation / of the magnetization between the free layer 12 and a pinned layer 13 ]. Although the direction of magnetization of a pinned layer 13 is immobilization, the direction of magnetization of the free layer 12 changes according to an external magnetic field. Therefore, an external magnetic field is detectable by detecting the current which flows for a TMR component, or its rate of change.

[0030] The magnetic-bias means 21, 23, and 24 impress the bias field FX to the free layer 12, and have the bias field induction layer 21 and the bias grant means 23 and 24 in the example. The whole surface of the bias field induction layer 21 adheres to the ferromagnetic tunnel effect film 1. In the example, since the laminating of the ferromagnetic tunnel effect film 1 is carried out to the order of the free layer 12, the tunnel barrier layer 11, and a pinned layer 13, the free layer 12 will touch the whole surface of the bias field induction layer 21. As for the bias field induction layer 21, the width of face seen in the direction X of the bias field FX has become larger than the width of face of the ferromagnetic tunnel effect film 1.

[0031] The bias grant means 23 and 24 are seen in the direction X of the bias field FX, they separate spacing from the ferromagnetic tunnel effect film 1 to the both ends of the bias field induction layer 21, and they are equipped with them. The bias field FX generated by the bias grant means 23 and 24 is impressed to the free layer 12 through the bias field induction layer 21. The bias grant means 23 and 24 may consist of layered products of a high coercive force ingredient, an antiferromagnetism ingredient or an antiferromagnetism layer, and ferromagnetic layer much more at least.

[0032] The 1st conductive layer A is arranged at the whole surface side of the ferromagnetic tunnel effect film 1, and it flows through it electrically on the ferromagnetic tunnel effect film 1. the 2nd conductive layer B — the ferromagnetic tunnel effect film 1 — on the other hand, it is arranged at a side, and flows electrically on the ferromagnetic tunnel effect film 1. Therefore, the sense current IS can be supplied to the ferromagnetic tunnel effect film 1 by the 1st and 2nd conductive layers A and B.

[0033] In the case of an example, the laminating of the ferromagnetic tunnel effect film 1 is carried out to the order of the free layer 12, the tunnel barrier layer 11, and a pinned layer 13. Since it has structure which carried out the laminating of the pinning layer 14 on the pinned layer 13 and has the structure where the ferromagnetic tunnel effect film 1 which has this structure was made to adhere to the whole surface of the bias field induction layer 21 It becomes the structure where touch the bias field induction layer 21 to which the 1st conductive layer A touches the free layer 12, and the 2nd conductive layer B touches the pinning layer 14.

[0034] Either [ at least ] the 1st conductive layer A or the 2nd conductive layer B produces the field components FX1 or FX2 of the same direction as the bias field FX according to the sense current IS which flows to self. Therefore, the bias field FX which should be impressed to the free layer 12 can be reinforced using the field components FX1 or FX2 which the sense current IS which flows to the 1st conductive layer A or the 2nd conductive layer B makes.

[0035] For this reason, corresponding to high density record, the area of a TMR component is reduced and it is followed, and also when the size of the hard magnet which impresses the bias field FX to the free layer 12, or the antiferromagnetism film is reduced, it becomes possible to impress sufficient bias field FX for the free layer 12.

[0036] In an illustration example, both 1st conductive layer A and 2nd conductive layer B produce the field components FX1 and FX2 of the same direction as the bias field FX according to the sense current IS which flows to self. Therefore, the bias field FX which should be impressed to the free layer 12 can be reinforced using the field component FX1 which the sense current IS which flows to the 1st conductive layer A makes, and the field

**THIS PAGE RI ANK (ISPTO)**

component FX1 which the sense current IS which flows to the 2nd conductive layer B makes.

[0037] Next, with reference to drawing 2 - drawing 4, the generating mechanism of the current field components FX1 and FX2 is explained with concrete structure. Since it is the top view of the TMR component illustrated to drawing 1 as drawing 2 was mentioned above, each part illustrated by drawing 2 is expressed as flat-surface projection of a TMR component with three-dimensional structure. For example, it indicates all of reference marks X, Y, XY1, XY2, IX1, IX2, IY1, IY2, DX1, DX2, and alpha1 and alpha2 grade as flat-surface projection. When [ all ] mentioning the reference mark mentioned above by the following explanation, it is based on flat-surface projection.

[0038] If drawing 2 - drawing 4 are referred to, the 1st conductive layer A contains the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27, and the 1st lead polar zone 291. The 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27 contain the electrode layer 25 and the magnetic-shielding layer 27. It has structure in which the whole surface of the electrode layer 25 carries out field contact at the bias field induction layer 21, and the other sides of the electrode layer 25 carry out field contact at the whole surface of the magnetic-shielding layer 27. Therefore, the 1st conductive layer A is made to serve a double purpose as an electrode layer and a magnetic-shielding layer.

[0039] The 2nd conductive layer B contains the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28, and the 2nd lead polar zone 292. The 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28 have structure in which the whole surface of the electrode layer 26 carries out field contact at the whole surface of the pinning layer 14, and the other sides of the electrode layer 26 carry out field contact at the whole surface of the magnetic-shielding layer 28 including the electrode layer 26 and the magnetic-shielding layer 28. Therefore, the 2nd conductive layer B is made to serve a double purpose as an electrode layer and a magnetic-shielding layer.

[0040] The 1st lead polar zone 291 follows electrically the electrode layer 25 which constitutes the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27. The 1st lead polar zone 291 follows electrically a part of the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27 in the location where the sense current IS which flows in the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27 produces the field component FX1 of the same direction as the bias field FX.

[0041] More specifically the 1st lead polar zone 291 in the location which only distance DX 1 separated from the center line Y of the ferromagnetic tunnel effect film 1 which intersects perpendicularly with the direction X of the bias field FX in the direction X of the bias field FX It has the limited boundary length L1 shorter enough than the width of face of the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27 in a part of upper limb (setting to drawing) of the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27, and it is followed electrically. The 1st lead polar zone 291 may be formed as the same continuation film as the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27, and may be formed as different film. Distance DX 1 is the distance projected on the flat surface, as mentioned above.

[0042] The segment XY1 which connects the 1st central point P1 set up as the middle point of the boundary length L1 by this on the boundary line produced between the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27, and the 1st lead polar zone 291 and the central point P0 set as the ferromagnetic tunnel effect film 1 comes to cross by the plane angle alpha 1 to the segment lengthened in the direction X of the bias field FX. In this invention, a plane angle is the include angle projected on the flat surface, and the include angle in the 0-degree or more range of 90 degrees or less is said. That is, the plane angle alpha 1 is expressed in the include-angle range of  $0 \text{ degree} \leq \alpha 1 \leq 90 \text{ degree}$ .

[0043] In the above-mentioned configuration, when the sense current IS which flows in accordance with the segment (minimum distance) XY1 lengthened by the central point P0 of the ferromagnetic tunnel effect film 1 from the 1st central point P1 is assumed, it can decompose into the current component IX 1 of the direction X parallel to the bias field FX, and the current component IY1 of the direction Y perpendicular to the bias field FX, and the sense current IS can be considered. A current component IY1 produces the current field component FX1 of the same direction X as the bias field FX, as shown in drawing 3. For this reason, the bias field FX which should be impressed to the free layer 12 can be reinforced using the field component FX1.

[0044] In the case of an example, the 2nd lead polar zone 292 follows electrically the electrode layer 26 which constitutes the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28. The 2nd lead polar zone 292 follows electrically a part of the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28 in the location where the sense current IS which flows in the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28 produces the field component FX2 of the same direction as the bias field FX.

[0045] More specifically the 2nd lead polar zone 292 in the location which only distance DX 2 separated from the center line Y of the ferromagnetic tunnel effect film 1 which intersects perpendicularly with the direction X of the bias field FX in the direction X of the bias field FX It has the limited boundary length L2 shorter enough than the width of face of the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28 in a part of the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28, and it is followed electrically. The 2nd lead polar zone 292 may be formed as the same continuation film as the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27, and may be formed as different film.

[0046] The segment XY2 which connects the 2nd central point P2 set up as the middle point of the boundary length L2 by this on the boundary line produced between the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28, and the 2nd lead polar zone 292 and the central point P0 set as the ferromagnetic tunnel effect film 1 comes to cross by the plane angle alpha 2 to the segment lengthened in the direction X of the bias field FX.

[0047] In the above-mentioned configuration, when the sense current IS which flows in accordance with the segment (minimum distance) XY2 lengthened by the central point P0 of the ferromagnetic tunnel effect film 1 from the 2nd central point P2 is assumed, it can decompose into the current component IX 2 of the direction X parallel to the bias field FX, and the current component IY2 of the direction Y perpendicular to the bias field FX, and the sense

THIS PAGE RI ANK (USPTO)

current IS can be considered. A current component IY2 produces the current field component FX2 of the same direction X as the bias field FX, as shown in drawing 3. For this reason, the bias field FX which should be impressed to the free layer 12 can be reinforced using the field component FX1. The plane angles  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  should just be 5 degrees or more.

[0048] The connecting location of the 1st [ to the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27 ] lead polar zone 291 and the connecting location of the 2nd [ to the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28 ] lead polar zone 292 should just be locations which can produce the field components FX1 and FX2 of the same direction as the bias field F1 according to the sense current which flows to the 1st conductive layer A and the 2nd conductive layer B. In the example shown in drawing 1 - drawing 4 The 1st lead polar zone 291 and the 2nd lead polar zone 292 are divided into the both sides of a center line Y, and are arranged. According to this arrangement, in both 1st conductive layer A and 2nd conductive layer B, it is as having mentioned above that the current field components FX1 and FX2 of the same direction X as the bias field FX may be produced.

[0049] Since the TMR component illustrated by drawing 1 - drawing 4 impresses the bias field FX to the free layer 12 by the bias field induction layer 21 including the bias field induction layer 21, it can remove the Barkhausen noise in the free layer 12, and can obtain the detecting signal of high quality. Since the width of face seen in the direction X of the bias field FX is larger than the width of face of the ferromagnetic tunnel effect film 1, the bias field induction layer 21 can separate spacing from the ferromagnetic tunnel effect film 1 to a part for the both ends of the cross direction of the bias field induction layer 21, and can form the bias grant means 23 and 24 in it. For this reason, the electric short-circuit between the free layer 12-pinned layers 13 by the bias grant means 23 and 24 etc. is avoidable.

[0050] In order to make it not reduce TMR rate of change substantially, as for spacing between the ferromagnetic tunnel effect film 1 and the bias grant means 23 and 24, setting to the predetermined range is desirable. If the numeric value experimentally found out as a desirable mode is mentioned, as for said especially spacing, it will be desirable to consider as the range 0.02 micrometers or more of 0.3 micrometers or less, and the 0.02 more micrometer or more range of less than 0.15 micrometers 0.02 micrometers or more.

[0051] When the value of spacing is set to less than 0.02 micrometers, it is in the inclination for TMR rate of change to fall. If this G value becomes large too much and exceeds 0.3 micrometers on the other hand, the inclination which the effective width of recording track spreads and stops agreeing in the future demand to a raise in recording density will arise.

[0052] Moreover, in the gestalt of the above-mentioned operation, although the bias grant means 23 and 24 are arranged at the both-ends bottom of the free layer 12, they may be arranged to the down side, without being limited to this.

[0053] Furthermore, as for the bias field induction layer 21, an end constitutes the flux probe section 221. This flux probe section 221 is projected from the bias field induction layer 21. An external magnetic field is introduced into the bias field induction layer 21 from the flux probe section 221, and is further impressed to the free layer 12.

Therefore, in application to the thin film magnetic head etc., the flux probe section 221 is located in the air bearing side ABS, and the ferromagnetic tunnel effect film 1 can be arranged in the location into which it withdrew from the air bearing side ABS. For this reason, it is avoidable that electric short-circuit occurs in the tunnel barrier layer 11 after the time of polish processing or polish processing.

[0054] The width of face of the flux probe section 221 is narrower than the width of face of the bias field induction layer 21, and since it is projected from the bias field induction layer 21, when the TMR component concerned is used as a reading component of the thin film magnetic head, it can set the regenerative-track width of face of a head as the minute value determined by the width of face of the flux probe section 221.

[0055] The width of face of the ferromagnetic tunnel effect film 1 is equal to the width of face of the flux probe section 221, or is set up greatly smaller than the width of face of the bias field induction layer 21. Width of face of about 0.5-4 micrometers and the flux probe section 221 is set to about 0.1-2 micrometers for the width of face of the bias field induction layer 21.

[0056] Furthermore, the 0.01-0.3 micrometers of the 0.01-0.2 micrometers of the amounts of protrusions of the flux probe section 221 are preferably set as 0.01-0.1 micrometers still more preferably. Although the more infinite one near 0 of this value is good, the danger of an electrostatic discharge arises or the electric short danger of the free layer 12 and pinned layer 13 in a polish process arises as it becomes small. Therefore, a lower limit is good to be referred to as about 0.01 micrometers. On the other hand, if the amount of protrusions exceeds 0.3 micrometers, an output will decline, or the crosswise bias field FX will become inadequate and a Barkhausen noise will arise.

[0057] Drawing 5 is the top view showing another arrangement of the 1st lead polar zone 291 and the 2nd lead polar zone 292. In drawing, the same reference mark is attached about the same component as the component which appeared in drawing 2. In this example, the 1st lead polar zone 291 is arranged in plane angle  $\alpha_1=90$  degree and the location used as distance  $DX_1=0$ . The location of the 2nd lead polar zone 292 is almost the same as the case of drawing 2. Also in this case, in both 1st conductive layer A and 2nd conductive layer B, the current field components FX1 and FX2 of the same direction X as the bias field FX may be produced.

[0058] Drawing 6 is the top view showing still more nearly another arrangement of the 1st lead polar zone 291 and the 2nd lead polar zone 292. In drawing, the same reference mark is attached about the same component as the component which appeared in drawing 2. In this example, both the 1st lead polar zone 291 and the 2nd lead polar zone 292 are located in one side (it sets to drawing and is left-hand side [ center line / Y ]) of a center line Y. Also in this case, in both 1st conductive layer A and 2nd conductive layer B, the current field components FX1 and FX2

THE PAGE IS BLANK



of the same direction X as the bias field FX may be produced.

[0059] Drawing 7 is the top view showing still more nearly another arrangement of the 1st lead polar zone 291 and the 2nd lead polar zone 292. In drawing, the same reference mark is attached about the same component as the component which appeared in drawing 2. In one side face which exists in the direction X of the bias field FX, succeeding the 1st conductive layer A, there is the 2nd lead polar zone 292 in the direction X of the bias field FX, and also the 1st lead polar zone 291 is following the 2nd conductive layer B in a side face in this example. The location of the 1st lead polar zone 291 and the 2nd lead polar zone 292 can be moved in the vertical direction in drawing along the side face of the 1st conductive layer A and the 2nd conductive layer B. also in this case,  $\alpha_1$  and  $\alpha_2 > 0$  degree of current field components FX1 and FX2 of the same direction X as the bias field FX may be preferably produced in  $\alpha_1$  and the include-angle range of  $\alpha_2 \geq 5$  degree.

[0060] It is clear that it is illustrated by drawing 1 - drawing 7, and the combination of a thing, or these or an obvious combination exists variously about arrangement of the 1st lead polar zone 291 and the 2nd lead polar zone 292.

[0061] The perspective view showing another example of the TMR component which drawing 8 requires for this invention, the transverse-plane sectional view of the TMR component which showed drawing 9 to drawing 8, and drawing 10 are the sectional views which met ten to 10 line of \*\* 9. In drawing, the same reference mark is attached about the same component as the component which appeared in the drawing explained previously. The illustrated TMR component contains the flux guide layer 22. The flux guide layer 22 is magnetically combined with the free layer 12, and the end constitutes the flux probe section 221. This flux probe section 221 is projected from the bias field induction layer 21. An external magnetic field is introduced from the flux probe section 221, passes along the flux guide layer 22, and is impressed to the free layer 12. Therefore, in application to the thin film magnetic head etc., the flux probe section 221 is located in the air bearing side ABS, and the ferromagnetic tunnel effect film 1 can be arranged in the location into which it withdrew from the air bearing side ABS. For this reason, it is avoidable that electric short-circuit occurs in the tunnel barrier layer 11 after the time of polish processing or polish processing.

[0062] The width of face of the flux probe section 221 is narrower than the width of face of the bias field induction layer 21, and since it is projected from the bias field induction layer 21, when the TMR component concerned is used as a reading component of the thin film magnetic head, it can set the regenerative-track width of face of a head as the minute value determined by the width of face of the flux probe section 221.

[0063] And since the flux guide layer 22 is layer with the another bias field induction layer 21, it can form the flux guide layer 22 according to membrane formation process that the bias field induction layer 21 is another.

[0064] The flux guide layer 22 intersects the direction X of the bias field FX of the bias field induction layer 21, and the end constitutes the flux probe section 221. Therefore, also when the flux guide layer 22 produces a radius of circle in the edge, the radius-of-circle part can be removed and the interstitial segment by which the width-of-face dimension was stabilized can be used as the flux probe section 221. For this reason, the TMR component which has the highly precise reading width of recording track can be obtained.

[0065] Also in the example shown in drawing 8 - drawing 10, the 1st lead polar zone 291 follows electrically a part of the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27 in the location where the sense current IS which flows in the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27 produces the field component FX1 of the same direction as the bias field FX. The 2nd lead polar zone 292 follows electrically the electrode layer 26 which constitutes the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28. The 2nd lead polar zone 292 follows electrically a part of the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28 in the location where the sense current IS which flows in the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28 produces the field component FX2 of the same direction as the bias field FX. Thereby, the bias field FX which should be impressed to the free layer 12 can be reinforced using the field components FX1 and FX2 (refer to drawing 9).

[0066] The perspective view showing another example of the TMR component which drawing 11 requires for this invention, the expanded sectional view of the TMR component which showed drawing 12 to drawing 11, and drawing 13 are the sectional views which met 13 to 13 line of drawing 12. In drawing, the same reference mark is attached about the same component as the component which appeared in drawing 1 -3. In this example, the laminating of the ferromagnetic tunnel effect film 1 is carried out to the order of the free layer 12, the tunnel barrier layer 11, and a pinned layer 13. The flux guide layer 22 is formed in the free layer 12 and this body. Although the flux guide layers 22 are the free layer 12 and this body, the bias field induction layer 21 is another layer, and the laminating of them is carried out on the bias field induction layer 21.

[0067] The 1st lead polar zone 291 follows electrically a part of the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27 in the location where the sense current IS which flows in the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27 produces the field component FX1 of the same direction as the bias field FX.

[0068] The 2nd lead polar zone 292 follows electrically the electrode layer 26 which constitutes the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28. The 2nd lead polar zone 292 follows electrically a part of the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28 in the location where the sense current IS which flows in the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28 produces the field component FX2 of the same direction as the bias field FX. Thereby, the bias field FX which should be impressed to the free layer 12 can be reinforced using the field components FX1 and FX2 (refer to drawing 12).

[0069] The transverse-plane sectional view showing another example of the TMR component which drawing 14 requires for this invention, and drawing 15 are the sectional views which met 15 to 15 line of drawing 14. In drawing, the same reference mark is attached about the same component as the component which appeared in drawing 1 -3.

THIS PAGE IS BLANK (ISPTO)

In this example, the ferromagnetic tunnel effect film 1 has the structure which carried out the laminating to the order of a pinned layer 13, the tunnel barrier layer 11, and the free layer 12. The bias field induction layer 21 adjoins the free layer 12, and the laminating of the flux guide layer 22 is carried out on the bias field induction layer 21. The flux guide layer 22 is another layer in the bias field induction layer 21.

[0070] The 1st lead polar zone 291 follows electrically a part of the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27 in the location where the sense current IS which flows in the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27 produces the field component FX1 of the same direction as the bias field FX.

[0071] The 2nd lead polar zone 292 follows electrically the electrode layer 26 which constitutes the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28. The 2nd lead polar zone 292 follows electrically a part of the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28 in the location where the sense current IS which flows in the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28 produces the field component FX2 of the same direction as the bias field FX. Thereby, the bias field FX which should be impressed to the free layer 12 can be reinforced using the field components FX1 and FX2 (refer to drawing 14 ).

[0072] The transverse-plane sectional view showing another example of the TMR component which drawing 16 requires for this invention, and drawing 17 are the sectional views which met 17 to 17 line of drawing 16 . In drawing 16, the same reference mark is attached about the same component as the component which appeared in drawing 1 -3. In this example, the ferromagnetic tunnel effect film 1 has the structure which carried out the laminating to the order of a pinned layer 13, the tunnel barrier layer 11, and the free layer 12. The bias field induction layer 21 is formed in the free layer 12 and this body. The flux guide layer 22 is another layer in the bias field induction layer 21, and the laminating is carried out on the bias field induction layer 21.

[0073] The 1st lead polar zone 291 follows electrically a part of the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27 in the location where the sense current IS which flows in the 1st electrode / magnetic-shielding section 25 and 27 produces the field component FX1 of the same direction as the bias field FX.

[0074] The 2nd lead polar zone 292 follows electrically the electrode layer 26 which constitutes the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28. The 2nd lead polar zone 292 follows electrically a part of the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28 in the location where the sense current IS which flows in the 2nd electrode / magnetic-shielding section 26 and 28 produces the field component FX2 of the same direction as the bias field FX. Thereby, the bias field FX which should be impressed to the free layer 12 can be reinforced using the field components FX1 and FX2 (refer to drawing 16 ).

[0075] Also in the example shown in drawing 8 - drawing 17 , the 1st and 2nd lead polar zone 291 and 292 of the ability of the location explained with reference to drawing 5 - drawing 7 to be taken is obvious.

[0076] the TMR component which drawing 18 mentioned above — reading — as a component — using — an induction type — electromagnetism — the perspective view of the thin film magnetic head for the record within a field which wrote in the sensing element and was used as a component, and drawing 19 show the expanded sectional view of the thin film magnetic head shown in drawing 18 . The thin film magnetic head of illustration has the write-in component 5 which consisted of TMR components which start this invention on a slider 4 and which reads and becomes by the component 6 and the induction type MAG sensing element. An arrow head A1 shows the medium transit direction. In drawing 19, the dimension is exaggerated partially and differs from a dressed size.

[0077] A slider 4 has rails 41 and 42 in a medium opposed face side, and the front face of a rail is used as ABS 43 and 44. Rails 41 and 42 are not restricted to two. It may become the flat surface which may have 1-3 rails and does not have a rail. Moreover, various geometry may be given to a medium opposed face for a surfacing property improvement etc. Even if it is the slider 4 of which type, application of this invention is possible. Moreover, since a slider 4 is equipped with protective coats, such as DLC which has about 8-10nm thickness, on the surface of a rail, in such a case, the front face of a protective coat serves as ABS 43 and 44. A slider 4 is the ceramic structure which formed aluminum 2O3 and the inorganic insulator layer 420 of SiO2 grade in the front face of the base 410 which becomes by aluminum2O3-TiC etc.

[0078] Both one side [ of rails 41 and 42 ] or trailing . edge TR side is equipped with the write-in component 5 and the reading component 6. a slider 4 is equipped with the write-in component 5 and the reading component 6 — having — electromagnetism — the edge for conversion is located in ABS 43 and 44 and the location which approached. The ejection electrodes 47 and 48 which were connected to the write-in component 5 and which took out and were connected to electrodes 45 and 46 and the reading component 6 are formed in the slider side face in the trailing . edge TR side, respectively.

[0079] The write-in component 5 has the gap film 54, an insulator layer 55, a protective coat 56, etc. which become with the 1st magnetic film 51 which serves as the 2nd [ to the reading component 6 ] shielding film, the 2nd magnetic film 52, the coil film 53, an alumina, etc. Independently of the 1st magnetic film 51, you may have the 2nd shielding film.

[0080] The end sections (point) 510 and 520 of the 1st magnetic film 51 and the 2nd magnetic film 52 are the pole section which separates the gap film 54 of minute thickness and counters, and write in in the pole section. The 1st and 2nd magnetic films 51 and 52 may be monolayers, and may be double layer membrane structures. Double layer membrane-ization of the 1st and 2nd magnetic films 51 and 52 may be performed for the purpose of for example, a property improvement. Various amelioration and a proposal are made also about the structure of the pole section from viewpoints, such as improvement in narrow-izing of the width of recording track, and record capacity. In this invention, any pole structure proposed until now is employable. The gap film 54 is constituted by inorganic insulator layers, such as non-magnetic metal film or an alumina.

THIS PAGE IS BLANK (11/15/70)

[0081] The 2nd magnetic film 52 inclines and starts to a pole section side at a certain include angle to a field parallel to the field of the gap film 54. Further, the 2nd magnetic film 52 maintains an inner gap between the 1st magnetic film 51, is prolonged behind ABS 43 and 44, and is combined with the 2nd magnetic film 52 in back. Thereby, the thin film magnetic circuit involving the 1st magnetic film 51, 2nd magnetic film 52, and gap film 54 is completed.

[0082] The coil film 53 is inserted between the 1st and 2nd magnetic films 51 and 52, and turns around the surroundings of a back bond part to a curled form. It has flowed through the both ends of the coil film 53 in the ejection electrodes 45 and 46 (refer to drawing 37). The number of turns and number of layers of the coil film 53 are arbitrary. The coil film 53 is laid under the interior of an insulator layer 55.

[0083] The interior of the inner gap between the 1st and 2nd magnetic films 51 and 52 is filled up with the insulator layer 55. The front face of an insulator layer 55 is equipped with the 2nd magnetic film 52. An insulator layer 55 consists of organic insulation resin film or ceramic film. The example of representation of the ceramic film is 2Oaluminum3 film or SiO2 film. If the ceramic film constitutes an insulator layer 55, since the thermal expansion of an insulator layer 55 will become small as compared with the case where an organic compound insulator is used, a result good for reducing the amount of the maximum protrusions is obtained.

[0084] In the protective coat 56, the protective coat 56 has covered the write-in whole component 5. By this, the write-in whole component 5 will be protected by the protective coat 56. The protective coat 56 consists of inorganic insulating materials of aluminum 2O3 or SiO2 grade.

[0085] The reading component 6 consists of TMR components concerning this invention. This reading component 6 is arranged inside the insulator layer 63 between the 1st shielding film 61 and the 2nd shielding film 63. The insulator layer 63 is constituted by the alumina etc. The reading component 6 is connected to the ejection electrodes 47 and 48 which flow on the 1st shielding film 61 and the 2nd shielding film 62 (refer to drawing 18 ).

[0086] Drawing 20 is the expanded sectional view of the thin film magnetic head for vertical recording. In the illustrated thin film magnetic head for vertical recording, the 2nd magnetic film 52 contains the main pole 525 and the auxiliary magnetic pole 526. The main pole 525 constitutes the perpendicular write-in pole section, and the auxiliary magnetic pole 526 combines magnetically the main pole 525 and the 1st magnetic film 51. The 1st magnetic film 51 constitutes the return magnetic path of the magnetic flux produced from the main pole 525. The coil film 53 is wound around the surroundings of the main pole 525 and the auxiliary magnetic pole 526. Since it is substantially the same, explanation is abbreviated to the thin film magnetic head for the record within a field which showed other structures to drawing 18 . Since the description of magnetic recording using the thin film magnetic head for vertical recording magnetizes the magnetic-recording film of a magnetic disk in the direction which becomes perpendicular to a film surface and performs magnetic recording, it is that very high recording density is realizable.

[0087] The front view showing some magnetic-head equipments which drawing 21 requires for this invention, and drawing 22 are the bottom views of the magnetic-head equipment shown in drawing 41. Magnetic-head equipment contains the thin film magnetic head 8 and the head means for supporting 7. The thin film magnetic head 8 is the thin film magnetic head concerning this invention explained with reference to drawing 18 - drawing 20 .

[0088] The head means for supporting 7 have structure which attached the flexible body 71 which similarly becomes with a metallic thin plate in the free end in the end of the longitudinal direction of the base material 73 which becomes with a metallic thin plate, and attached the thin film magnetic head 8 in the inferior surface of tongue of this flexible body 71.

[0089] A flexible body 71 has two outside frame parts 75 and 76 which carry out abbreviation parallel with the longitudinal direction axis of a base material 73, and are extended, the transversal frame 74 which connects the outside frame parts 75 and 76 in the edge distant from the base material 73, and the ligula 72 which has been prolonged so that abbreviation parallel may be carried out from the abbreviation center section of the transversal frame 74 at the outside frame parts 75 and 76, and used the tip as the free end.

[0090] The projection 77 for loads of the shape of a semi-sphere of a ligula 72 which upheaved from the base material 73 in the center section mostly is formed. The load force is told from the free end of a base material 73 by this projection 77 for loads to a ligula 72.

[0091] The thin film magnetic head 8 is attached in the inferior surface of tongue of a ligula 72 with means, such as adhesion. The thin film magnetic head 8 is attached in the ligula 72 so that an airstream appearance side edge side may become in the direction of a transversal frame 74. The head means for supporting 7 applicable to this invention are not restricted to the above-mentioned example.

[0092] Drawing 23 is drawing showing typically the configuration of the magnetic disk drive concerning this invention. The illustrated magnetic disk drive contains magnetic-head equipment 9 and a magnetic disk 10. Magnetic-head equipment 9 is illustrated to drawing 21 and 22. The end of the head means for supporting 7 is supported by the pointing device 11, and magnetic-head equipment 9 is driven. The thin film magnetic head 8 of magnetic-head equipment is supported by the head means for supporting 7, and it is arranged so that it may counter with the magnetic-recording side of a magnetic disk 10.

[0093] If the rotation drive of the magnetic disk 10 is carried out in the direction of an arrow head A1 by the driving gear which is not illustrated, the thin film magnetic head 8 will surface from the field of a magnetic disk 10 by the minute flying height. By the positioning device 11 which carries out the rotation drive of the head means for supporting 7, the thin film magnetic head 8 which the magnetic disk drive illustrated by drawing 23 is a drive method called a rotary . actuator method, and was attached in the point of the head means for supporting 7 is driven in the directions b1 or b2 of a path of a magnetic disk 10, and is positioned in the predetermined truck location on a magnetic disk 10. And magnetic recording by the write-in component 5 and reading actuation by the reading

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

component 6 which has a TMR component are performed on a predetermined track.

[0094] As mentioned above, although the contents of this invention were concretely explained with reference to the desirable example, it is obvious that various deformation modes can be taken based on the fundamental technical thought of this invention and instruction if it is this contractor.

[0095]

[Effect of the Invention] According to this invention, the following effectiveness can be acquired as stated above.

(a) A TMR component applicable to super-high density record, the thin film magnetic head, magnetic-head equipment, and a magnetic disk drive can be offered.

(b) The TMR component which can reinforce the bias field impressed to a free layer, the thin film magnetic head, magnetic-head equipment, and a magnetic disk drive can be offered.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE RI ANK (USPTO)**



## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] It is the perspective view showing one example of the TMR component concerning this invention.
- [Drawing 2] It is the partial expansion top view of the TMR component shown in drawing 1 .
- [Drawing 3] It is the transverse-plane sectional view of the TMR component shown in drawing 1 and drawing 2 .
- [Drawing 4] It is the sectional view which met four to 4 line of drawing 3 .
- [Drawing 5] It is the top view showing another arrangement of the 1st lead polar zone in the TMR component concerning this invention, and the 2nd lead polar zone.
- [Drawing 6] It is the top view showing still more nearly another arrangement of the 1st lead polar zone in the TMR component concerning this invention, and the 2nd lead polar zone.
- [Drawing 7] It is the top view showing still more nearly another arrangement of the 1st lead polar zone in the TMR component concerning this invention, and the 2nd lead polar zone.
- [Drawing 8] It is the perspective view showing another example of the TMR component concerning this invention.
- [Drawing 9] It is the partial expansion top view of the TMR component shown in drawing 8 .
- [Drawing 10] It is the sectional view which met ten to 10 line of drawing 9 .
- [Drawing 11] It is the perspective view showing still more nearly another example of the TMR component concerning this invention.
- [Drawing 12] It is the transverse-plane sectional view of the TMR component shown in drawing 11 .
- [Drawing 13] It is the sectional view which met 13 to 13 line of drawing 12 .
- [Drawing 14] It is the transverse-plane sectional view showing still more nearly another example of the TMR component concerning this invention.
- [Drawing 15] It is the sectional view which met 13 to 13 line of drawing 14 .
- [Drawing 16] It is the transverse-plane sectional view showing still more nearly another example of the TMR component concerning this invention.
- [Drawing 17] It is the sectional view which met 17 to 17 line of drawing 16 .
- [Drawing 18] the TMR component concerning this invention — reading — as a component — using — an induction type — electromagnetism — perspective view \*\*\*\* of the thin film magnetic head for the record within a field which wrote in the sensing element and was used as a component.
- [Drawing 19] It is the expanded sectional view of the thin film magnetic head shown in drawing 18 .
- [Drawing 20] It is the expanded sectional view of the thin film magnetic head for vertical recording which read the TMR component concerning this invention and was used as a component.
- [Drawing 21] It is the front view showing some magnetic-head equipments concerning this invention.
- [Drawing 22] It is the front view showing some magnetic-head equipments concerning this invention.
- [Drawing 23] It is drawing showing typically the configuration of the magnetic disk drive concerning this invention.

## [Description of Notations]

- 1 Ferromagnetic Tunnel Effect Film
- 11 Tunnel Barrier Layer
- 12 Free Layer
- 13 Pinned Layer
- 25 27 The 1st electrode / magnetic-shielding section
- 26 28 The 2nd electrode / magnetic-shielding section
- 291 1st Lead Polar Zone
- 292 2nd Lead Polar Zone
- A The 1st conductive layer
- B The 2nd conductive layer

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 強磁性トンネル効果膜と、磁気バイアス手段と、第1の導電層と、第2の導電層とを含むトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記強磁性トンネル効果膜は、トンネルバリア層を、フリー層とピンド層とによって挟んだ構造を有しており、前記磁気バイアス手段は、前記フリー層にバイアス磁界を印加するものであり、

前記第1の導電層は、前記強磁性トンネル効果膜の一面側に配置され前記強磁性トンネル効果膜に電氣的に導通し、

前記第2の導電層は、前記強磁性トンネル効果膜の他面側に配置され前記強磁性トンネル効果膜に電氣的に導通し、

前記第1の導電層または第2の導電層の少なくとも一方は、自己に流れるセンス電流により、前記バイアス磁界と同一方向の磁界成分を生じさせるトンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 請求項1に記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記第1の導電層は、第1の電極／磁気シールド部と、第1のリード電極部とを含んでおり、

前記第1の電極／磁気シールド部は、前記強磁性トンネル効果膜の一面側に配置されており、

前記第1のリード電極部は、前記第1の電極／磁気シールド部に流れるセンス電流が前記バイアス磁界と同一方向の磁界成分を生じさせる位置において、前記第1の電極／磁気シールド部の一部に電氣的に連続するトンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 請求項2に記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記第1のリード電極部は、前記バイアス磁界の方向と直交する前記強磁性トンネル効果膜の中心線から、前記バイアス磁界の方向に、離れた位置において、前記第1の電極／磁気シールド部の一部に電氣的に連続するトンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 請求項2または3の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記第2の導電層は、第2の電極／磁気シールド部と、第2のリード電極部とを含んでおり、

前記第2の電極／磁気シールド部は、前記強磁性トンネル効果膜の他面側に配置されており、

前記第2のリード電極部は、前記第2の電極／磁気シールド部に流れるセンス電流が前記バイアス磁界と同一方向の磁界成分を生じさせる位置において、前記第2の電極／磁気シールド部の一部に電氣的に連続するトンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 請求項4に記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記第2のリード電極部は、前記バイアス磁界の方向と

直交する前記強磁性トンネル効果膜の中心線から、前記バイアス磁界の方向に、離れた位置において、前記第2の電極／磁気シールド部の一部に電氣的に連続するトンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 請求項4または5の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記第1のリード電極部、及び、前記第2のリード電極部は、前記中心線の両側に分けて配置されているトンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 請求項4または5の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記第1のリード電極部、及び、前記第2のリード電極部は、前記中心線の片側に位置するトンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項8】 請求項6または7の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記第1の電極／磁気シールド部及び前記第1のリード電極部の間に生じる境界線上に境界長の中点として設定された第1の中心点、または、前記第2の電極／磁気シールド部及び前記第2のリード電極部の間に生じる境界線上に境界長の中点として設定された第2の中心点と、前記強磁性トンネル効果膜に設定された中心点とを結ぶ線分が、前記バイアス磁界の方向に引かれた線分に対してなす平面角が $5^{\circ}$ 以上であるトンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項9】 請求項1乃至8の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記磁気バイアス手段は、バイアス付与手段と、バイアス磁界誘導層とを含み、

前記バイアス付与手段は、前記バイアス磁界誘導層にバイアス磁界を印加するものであり、

前記バイアス磁界誘導層は、前記フリー層にバイアス磁界を印加するものであるトンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項10】 請求項1乃至9の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記バイアス磁界誘導層は、フラックスガイド部を含み、前記フラックスガイド部は一端がフラックスプローブ部を構成し、前記フラックスプローブ部は前記磁気バイアス手段の全幅よりも狭い幅で突出しているトンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項11】 請求項1乃至9の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記磁気バイアス手段は、バイアス付与手段と、バイアス磁界誘導層と、フラックスガイド層とを含み、

前記バイアス付与手段は、前記バイアス磁界誘導層にバイアス磁界を印加するものであり、

前記バイアス磁界誘導層は、前記フリー層にバイアス磁界を印加するものであり、

前記フラックスガイド層は、前記バイアス磁界誘導層のバイアス磁界の方向と交差するようにして、前記バイア

ス磁界誘導層と積層されるとともに、前記フリー層に磁氣的に結合され、一端がフラックスプローブ部を構成し、前記フラックスプローブ部はその幅が前記バイアス磁界誘導層の幅よりも狭く、前記バイアス磁界誘導層から突出しているトンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項12】 少なくとも1つの読み出し素子を含む薄膜磁気ヘッドであって、

前記読み出し素子は、請求項1乃至10の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子でなる薄膜磁気ヘッド。

【請求項13】 請求項12に記載された薄膜磁気ヘッドであって、

更に、少なくとも1つの書き込み素子を含む薄膜磁気ヘッド。

【請求項14】 請求項13に記載された薄膜磁気ヘッドであって、

前記書き込み素子は、誘導型電磁変換素子であり、前記誘導型電磁変換素子は、第1の磁性膜、第2の磁性膜及びギャップ膜を含んでおり、

前記第1の磁性膜及び前記第2の磁性膜は、それぞれ的一端が前記ギャップ膜によって隔てられ、書き込みポール部を構成している薄膜磁気ヘッド。

【請求項15】 請求項13に記載された薄膜磁気ヘッドであって、

前記書き込み素子は、誘導型電磁変換素子であり、前記誘導型電磁変換素子は、第1の磁性膜と、第2の磁性膜とを含み、

前記第1の磁性膜は、主磁極と、補助磁極とを含んでおり、

前記主磁極は、垂直書き込みポール部を構成しており、

前記補助磁極は、前記主磁極及び前記第1の磁性膜を磁氣的に結合している薄膜磁気ヘッド。

【請求項16】 薄膜磁気ヘッドと、ヘッド支持装置とを含む磁気ヘッド装置であって、

前記薄膜磁気ヘッドは、請求項12乃至15の何れかに記載されたものでなり、

前記ヘッド支持装置は、前記薄膜磁気ヘッドを支持する磁気ヘッド装置。

【請求項17】 磁気ヘッド装置と、磁気ディスクとを含む磁気ディスク装置であって、

前記磁気ヘッド装置は、請求項16に記載されたものでなり、

前記磁気ディスクは、前記磁気ヘッド装置との間で、磁気記録、及び、再生を行う磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、トンネル磁気抵抗効果素子（以下TMR素子と称する）、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置及び磁気ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ハードディスク（HDD）の高密度化に伴い、高感度、高出力のヘッドが要求されている。TMR素子はこの要求に応えるものとして注目されている。TMR素子は、強磁性層／トンネルバリア層／強磁性層という多層構造からなる強磁性トンネル効果膜を利用している。強磁性トンネル効果とは、トンネルバリア層を挟む一対の強磁性層間に電流を流す場合に、トンネルバリア層を流れるトンネル電流が、両方の強磁性層の磁化の相対角度に依存して変化する現象を言う。この場合のトンネルバリア層は、薄い絶縁膜であって、トンネル効果によりスピンを保存しながら電子が通過できるものである。

【0003】TMR素子においては、12%以上の抵抗変化率 $\Delta R/R$ を示すことが報告されている。このようなTMR素子は、スピンバルブ膜（Spin Valve膜、以下SV膜と称する）を用いたセンサに代わる次世代のセンサとして期待されているものの、磁気ヘッドへの応用はまだ始まったばかりであり、当面の課題の一つとしてTMR特性を最大限生かせる新規なヘッド構造の開発が挙げられる。すなわち、強磁性トンネル効果膜そのものが、積層膜の厚さ方向に電流を流す幾何学的構造をとるために、従来提案されていない新しいヘッド構造の設計が要求される。

【0004】TMR素子を磁気ヘッド構造に応用した従来例は、U.S.P. 5,729,410、U.S.P. 5,898,547、U.S.P. 5,898,548、U.S.P. 5,901,018などに記載されている。これらの公報では、主として超高密度記録に対応できるように技術的な改善が提案されている。しかしながら、超高密度記録に対するTMR磁気ヘッドの開発要求は、より高度なものとなり、従来にも増して高性能であるTMR磁気ヘッドの提案が待ち望まれている。

【0005】例えば、TMR素子を薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いる場合、フリー層へバイアス磁界を印加する手段をどのように構成するかは、安定動作を確保するために、極めて重要である。TMR素子の場合、電流は膜面垂直に流れるため、GMRヘッドと同様に素子端部にハードマグネットを接触させると、TMR素子がハードマグネットによって短絡されてしまい、トンネルバリア層に電流が流れなくなる。その結果TMR変化率が得られなくなり、ヘッド出力が得られなくなるという問題が発生する。

【0006】このようなことを避けるため、U.S.P. 5,729,410は、ハードマグネットとTMR素子の間を薄い絶縁層で絶縁する構造を開示している。また、本発明者らは、フラックスプローブ部を構成する軟磁性膜をT状の形状とし、フラックスプローブ部の基部を、トラック幅方向に延長し、強磁性トンネル効果膜よりも幅の広い形状とし、その両端部分にハードマグネットもしくは反強磁性層を形成する構造を提案した（特願平11-171869号）。

【0007】しかしながら、記録の高密度化に伴い、メディアに記録される磁気的な記録パターンが縮小され、それに伴い、再生ヘッドに搭載するTMR素子の面積も縮小しなくてはならない。例えば、40Gbspiの記録密度に適応させるためには、TMR素子は $0.4 \times 0.4$  ( $\mu\text{m}^2$ )程度のサイズにまで縮小しなくてはならない。当然、フリー層にバイアス磁界を印加するハードマグネットや反強磁性膜のサイズも小さくならざるを得ず、上述した先行技術を適用したとしても、フリー層に十分なバイアス磁界を印加することが困難になる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、超高密度記録に適用できるTMR素子、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置及び磁気ディスク装置を提供することにある。

【0009】本発明のもう一つの課題は、フリー層に印加されるバイアス磁界を増強し得るTMR素子、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置及び磁気ディスク装置を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決するために、本発明に係るTMR素子は、強磁性トンネル効果膜と、磁気バイアス手段と、第1の導電層と、第2の導電層とを含む。

【0011】前記強磁性トンネル効果膜は、トンネルバリア層を、フリー層とピンド層とによって挟んだ構造を有する。前記磁気バイアス手段は、前記フリー層にバイアス磁界を印加する。

【0012】前記第1の導電層は、前記強磁性トンネル効果膜の一面側に配置され前記強磁性トンネル効果膜に電氣的に導通し、前記第2の導電層は、前記強磁性トンネル効果膜の他面側に配置され前記強磁性トンネル効果膜に電氣的に導通する。

【0013】前記第1の導電層または第2の導電層の少なくとも一方は、自己に流れるセンス電流により、前記バイアス磁界と同一方向の磁界成分を生じさせる。

【0014】本発明に係るTMR素子は、フリー層／トンネルバリア層／ピンド層という多層構造からなる強磁性トンネル効果膜を有しており、トンネルバリア層を挟むフリー層とピンド層との間に電流を流した場合、トンネルバリア層を流れるトンネル電流が、フリー層及びピンド層の間の磁化の相対角度に依存して変化する(TMR効果)。ピンド層の磁化の方向は固定であるが、フリー層の磁化の方向は、外部磁界に応じて変化する。従って、TMR素子に流れる電流またはその変化率を検出することにより、外部磁界を検出することができる。

【0015】本発明に係るTMR素子は、磁気バイアス手段を含む。磁気バイアス手段は、前記フリー層にバイアス磁界を印加する。これにより、フリー層におけるバルクハウゼンノイズを除去し、高品質の検出信号を得る

ことができる。

【0016】本発明に係るTMR素子は、第1の導電層と、第2の導電層とを含む。前記第1の導電層は、前記強磁性トンネル効果膜の一面側に配置され前記強磁性トンネル効果膜に電氣的に導通し、電極層及び磁気シールド層として兼用される。前記第2の導電層は、前記強磁性トンネル効果膜の他面側に配置され前記強磁性トンネル効果膜に電氣的に導通する。従って、第1及び第2の導電層により、強磁性トンネル効果膜1にセンス電流を供給することができる。

【0017】前記第1の導電層または第2の導電層の少なくとも一方は、自己に流れるセンス電流により、前記バイアス磁界と同一方向の磁界成分を生じさせる。従って、第1の導電層または第2の導電層に流れるセンス電流の作る磁界を利用して、フリー層に印加すべきバイアス磁界を増強することができる。

【0018】このため、高密度記録に対応して、TMR素子の面積が縮小され、それに追従して、フリー層にバイアス磁界を印加するハードマグネットや反強磁性膜のサイズが縮小された場合も、フリー層に十分なバイアス磁界を印加することが可能になる。

【0019】本発明は、また、強磁性トンネル効果膜に電流を流すための電極構造、強磁性トンネル効果膜に対するシールド構造、更には、TMR素子を読み出し素子として用いた薄膜磁気ヘッド、この薄膜磁気ヘッドを用いた磁気ヘッド装置及び磁気ディスク装置についても開示する。

【0020】

【発明の実施の形態】図1は本発明に係るTMR素子の一実施例を示す斜視図、図2は図1に示したTMR素子の部分拡大平面図、図3は図1、図2に示したTMR素子の正面断面図、図4は図3の4-4線に沿った断面図である。これらの図は、本発明の特徴部分を容易に理解できるように、誇張して図示されている。図3及び図4において、ハッチングで示された部分の周囲は、セラミックス等である非磁性絶縁層によって覆われている。

【0021】図示されたTMR素子は、強磁性トンネル効果膜1と、磁気バイアス手段21、23、24と、第1の導電層Aと、第2の導電層Bとを含む。

【0022】図3、4を参照すると、強磁性トンネル効果膜1は、トンネルバリア層11と、フリー層12と、ピンド層13とを含む。トンネルバリア層11は、フリー層12とピンド層13とによって挟まれている。

【0023】フリー層12は、磁気情報である外部磁場に応答して磁化の向きが変化する。また、ピンド層13は、その磁化方向が一定方向を向くようにピン止めされている。そのため、通常、ピンド層13の磁化をピンニングするためのピン止め層14が、ピンド層13のトンネルバリア層11と接する側と反対の面に積層される。図示実施例において、強磁性トンネル効果膜1は、フリ

一層12、トンネルバリア層11及びピン層13の順に積層されている。

【0024】フリー層12の厚さは、特に限定されないが、1～8nm、好ましくは、1～6nm、より好ましくは1～4nmの範囲に設定するのがよい。この厚さが、1nm未満となると、バイアス磁界誘導層21の幅方向の幅 $L_m$ を十分な大ききとすることが成膜技術上、困難になる。また、この厚さが50nmを超えると、フリー層12内部の特性のばらつきにより、電子スピン分極率の分散が生じ、結果的にTMR変化率が減少してしまうという不都合が生じる。

【0025】フリー層12やピン層13を構成する材質は、高いTMR変化率が得られる高スピン分極材料が好ましく、例えば、Fe、Co、Ni、FeCo、NiFe、CoZrNb、FeCoNi等が用いられる。これらは2層以上の積層体であってもよい。フリー層12の膜厚は、前述したように1～8nm、好ましくは1～4nmとされる。膜厚が厚くなりすぎると、出力が低下する傾向があり、また、膜厚が薄くなりすぎると、磁気特性が不安定となりヘッド動作時のノイズが増大するという不都合が生じる。ピン層13の膜厚は、1～10nm、好ましくは2～5nmとされる。膜厚が厚くなりすぎると、ピン止め層14による磁化のピンニングが弱まり、また、膜厚が薄くなりすぎると、TMR変化率が減少する傾向が生じる。

【0026】ピン層13の磁化をピン止めるピン止め層14は、そのピン止め機能を果たすものであれば、特に限定されないが、通常、反強磁性材料が用いられる。厚さは、通常、60～5nm程度とされる。

【0027】トンネルバリア層11は、 $Al_2O_3$ 、NiO、GdO、 $MgO$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $MoO_2$ 、 $TiO_2$ 、 $WO_2$ 等から構成される。トンネルバリア層11の厚さは、素子の低抵抗化のためできるだけ薄いことが望ましいが、あまり薄すぎてピンホールが生じるとリーク電流がながれてしまい好ましくない。一般には、0.5～2nm程度とされる。

【0028】本発明において、フリー層12を、例えば、NiFe層（厚さ2nm）／Ru層（厚さ0.7nm）／NiFe層（厚さ2.5nm）の3層積層体で例示される合成フェリ磁石（synthetic ferrimagnet）とすることも好ましい態様の一つである。この場合には、上下のNiFe層およびNiFe層の磁化方向はそれぞれ、互いに逆方向となる。合成フェリ磁石を用いた場合、実効的なフリー層12の厚さを薄く設定することができるため、磁場感度が向上し、出力が大きくなるというメリットがある。また、このような合成フェリ磁石は、ピン層13にも適用できる。

【0029】上記強磁性トンネル効果膜1において、トンネルバリア層11を挟むフリー層12とピン層13との間にセンス電流ISを流した場合、トンネルバリア層11を流れるトンネル電流が、フリー層12及びピン層13の間の磁化の相対角度に依存して変化する。ピ

ン層13の磁化の方向は固定であるが、フリー層12の磁化の方向は、外部磁界に応じて変化する。従って、TMR素子に流れる電流またはその変化率を検出することにより、外部磁界を検出することができる。

【0030】磁気バイアス手段21、23、24は、フリー層12にバイアス磁界FXを印加するものであって、実施例では、バイアス磁界誘導層21と、バイアス付与手段23、24とを有する。強磁性トンネル効果膜1はバイアス磁界誘導層21の一面に付着されている。実施例では、強磁性トンネル効果膜1は、フリー層12、トンネルバリア層11及びピン層13の順に積層されているので、フリー層12がバイアス磁界誘導層21の一面に接することになる。バイアス磁界誘導層21は、バイアス磁界FXの方向Xで見た幅が強磁性トンネル効果膜1の幅よりも大きくなっている。

【0031】バイアス付与手段23、24は、バイアス磁界FXの方向Xで見て、バイアス磁界誘導層21の両端に、強磁性トンネル効果膜1から間隔を隔てて、備えられている。バイアス付与手段23、24によって発生されたバイアス磁界FXは、バイアス磁界誘導層21を介して、フリー層12に印加される。バイアス付与手段23、24は、高保磁力材料、反強磁性材料、または反強磁性層と少なくとも一層の強磁性層との積層体から構成され得る。

【0032】第1の導電層Aは、強磁性トンネル効果膜1の一面側に配置され、強磁性トンネル効果膜1に電気的に導通する。第2の導電層Bは、強磁性トンネル効果膜1の他面側に配置され、強磁性トンネル効果膜1に電気的に導通する。従って、第1及び第2の導電層A、Bにより、強磁性トンネル効果膜1にセンス電流ISを供給することができる。

【0033】実施例の場合、強磁性トンネル効果膜1が、フリー層12、トンネルバリア層11及びピン層13の順に積層され、ピン層13の上にピン止め層14を積層した構造となっており、この構造を有する強磁性トンネル効果膜1をバイアス磁界誘導層21の一面に付着させた構造となっているので、第1の導電層Aがフリー層12に接するバイアス磁界誘導層21に接し、第2の導電層Bがピン止め層14に接する構造となる。

【0034】第1の導電層Aまたは第2の導電層Bの少なくとも一方は、自己に流れるセンス電流ISにより、バイアス磁界FXと同一方向の磁界成分FX1またはFX2を生じさせる。従って、第1の導電層Aまたは第2の導電層Bに流れるセンス電流ISの作る磁界成分FX1またはFX2を利用して、フリー層12に印加すべきバイアス磁界FXを増強することができる。

【0035】このため、高密度記録に対応して、TMR素子の面積が縮小され、それに追従して、フリー層12にバイアス磁界FXを印加するハードマグネットや反強磁性膜のサイズが縮小された場合も、フリー層12に十

分なバイアス磁界F Xを印加することが可能になる。

【0036】図示実施例において、第1の導電層A及び第2の導電層Bの両者が、自己に流れるセンス電流I Sにより、バイアス磁界F Xと同一方向の磁界成分F X 1、F X 2を生じさせる。従って、第1の導電層Aに流れるセンス電流I Sの作る磁界成分F X 1、及び、第2の導電層Bに流れるセンス電流I Sの作る磁界成分F X 1を利用して、フリー層1 2に印加すべきバイアス磁界F Xを増強することができる。

【0037】次に、図2～図4を参照し、具体的な構造とともに、電流磁界成分F X 1、F X 2の発生メカニズムについて説明する。図2は、前述したように、図1に図示したTMR素子の平面図であるから、図2に図示された各部は、立体的構造を持つTMR素子の平面投影として表現されている。例えば、参照符号X、Y、XY1、XY 2、IX1、IX2、IY1、IY2、DX1、DX2、 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 等は、全て、平面投影として表示されている。以下の説明で、上述した参照符号に言及するときは、全て平面投影によるものである。

【0038】図2～図4を参照すると、第1の導電層Aは、第1の電極/磁気シールド部2 5、2 7と、第1のリード電極部2 9 1とを含んでいる。第1の電極/磁気シールド部2 5、2 7は、電極層2 5と、磁気シールド層2 7とを含む。電極層2 5の一面がバイアス磁界誘導層2 1に面接触し、電極層2 5の他面が磁気シールド層2 7の一面に面接触する構造となっている。従って、第1の導電層Aは電極層及び磁気シールド層として兼用される。

【0039】第2の導電層Bも、第2の電極/磁気シールド部2 6、2 8と、第2のリード電極部2 9 2とを含んでいる。第2の電極/磁気シールド部2 6、2 8は、電極層2 6と、磁気シールド層2 8とを含み、電極層2 6の一面がピン止め層1 4の一面に面接触し、電極層2 6の他面が磁気シールド層2 8の一面に面接触する構造となっている。従って、第2の導電層Bも電極層及び磁気シールド層として兼用される。

【0040】第1のリード電極部2 9 1は、第1の電極/磁気シールド部2 5、2 7を構成する電極層2 5に電氣的に連続する。第1のリード電極部2 9 1は、第1の電極/磁気シールド部2 5、2 7に流れるセンス電流I Sがバイアス磁界F Xと同一方向の磁界成分F X 1を生じさせる位置において、第1の電極/磁気シールド部2 5、2 7の一部に電氣的に連続する。

【0041】より具体的には、第1のリード電極部2 9 1は、バイアス磁界F Xの方向Xと直交する強磁性トンネル効果膜1の中心線Yから、バイアス磁界F Xの方向Xに、距離D X 1だけ離れた位置において、第1の電極/磁気シールド部2 5、2 7の上縁（図において）の一部に、第1の電極/磁気シールド部2 5、2 7の幅よりも十分に短い限定された境界長L 1を有して、電氣的に

連続する。第1のリード電極部2 9 1は第1の電極/磁気シールド部2 5、2 7と同一の連続膜として形成してもよいし、異なる膜として形成してもよい。距離D X 1は、前述したように、平面に投影された距離である。

【0042】これにより、第1の電極/磁気シールド部2 5、2 7及び第1のリード電極部2 9 1の間に生じる境界線上に、境界長L 1の midpointとして設定された第1の中心点P 1と、強磁性トンネル効果膜1に設定された中心点P 0とを結ぶ線分X Y 1が、バイアス磁界F Xの方向Xに引かれた線分に対して、平面角 $\alpha 1$ で交差するようになる。本発明において、平面角とは、平面に投影された角度であって $0^\circ$ 以上 $90^\circ$ 以下の範囲にある角度を言う。即ち、平面角 $\alpha 1$ は $0^\circ \leq \alpha 1 \leq 90^\circ$ の角度範囲において表現される。

【0043】上記構成において、第1の中心点P 1から強磁性トンネル効果膜1の中心点P 0に引かれた線分（最短距離）X Y 1に沿って流れるセンス電流I Sを想定した場合、センス電流I Sはバイアス磁界F Xに平行な方向Xの電流成分I X 1と、バイアス磁界F Xに垂直な方向Yの電流成分I Y 1とに分解して考えることができる。電流成分I Y 1は、図3に示すように、バイアス磁界F Xと同一の方向Xの電流磁界成分F X 1を生じさせる。このため、磁界成分F X 1を利用して、フリー層1 2に印加すべきバイアス磁界F Xを増強することができる。

【0044】実施例の場合、第2のリード電極部2 9 2は、第2の電極/磁気シールド部2 6、2 8を構成する電極層2 6に電氣的に連続する。第2のリード電極部2 9 2は、第2の電極/磁気シールド部2 6、2 8に流れるセンス電流I Sがバイアス磁界F Xと同一方向の磁界成分F X 2を生じさせる位置において、第2の電極/磁気シールド部2 6、2 8の一部に電氣的に連続する。

【0045】より具体的には、第2のリード電極部2 9 2は、バイアス磁界F Xの方向Xと直交する強磁性トンネル効果膜1の中心線Yから、バイアス磁界F Xの方向Xに、距離D X 2だけ離れた位置において、第2の電極/磁気シールド部2 6、2 8の一部に、第2の電極/磁気シールド部2 6、2 8の幅よりも十分に短い限定された境界長L 2を有して、電氣的に連続する。第2のリード電極部2 9 2は第1の電極/磁気シールド部2 5、2 7と同一の連続膜として形成してもよいし、異なる膜として形成してもよい。

【0046】これにより、第2の電極/磁気シールド部2 6、2 8及び第2のリード電極部2 9 2の間に生じる境界線上に、境界長L 2の midpointとして設定された第2の中心点P 2と、強磁性トンネル効果膜1に設定された中心点P 0とを結ぶ線分X Y 2が、バイアス磁界F Xの方向Xに引かれた線分に対して、平面角 $\alpha 2$ で交差するようになる。

【0047】上記構成において、第2の中心点P 2から



強磁性トンネル効果膜1の中心点P0に引かれた線分

(最短距離)XY2に沿って流れるセンス電流ISを想定した場合、センス電流ISは、バイアス磁界FXに平行な方向Xの電流成分IX2と、バイアス磁界FXに垂直な方向Yの電流成分IY2とに分解して考えることができる。電流成分IY2は、図3に示すように、バイアス磁界FXと同一の方向Xの電流磁界成分FX2を生じる。このため、磁界成分FXIを利用して、フリー層12に印加すべきバイアス磁界FXを増強することができる。平面角 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ は $5^\circ$ 以上であればよい。

【0048】第1の電極/磁気シールド部25、27に対する第1のリード電極部291の接続位置、及び、第2の電極/磁気シールド部26、28に対する第2のリード電極部292の接続位置は、第1の導電層A、及び、第2の導電層Bに流れるセンス電流により、バイアス磁界F1と同一方向の磁界成分FX1、FX2を生じさせることができる位置であればよい。図1～図4に示した実施例では、第1のリード電極部291、及び、第2のリード電極部292は、中心線Yの両側に分けて配置されている。この配置によれば、第1の導電層A及び第2の導電層Bの両者において、バイアス磁界FXと同一の方向Xの電流磁界成分FX1、FX2を生じさせることは、前述した通りである。

【0049】図1～図4に図示されたTMR素子は、バイアス磁界誘導層21を含み、バイアス磁界誘導層21により、フリー層12にバイアス磁界FXを印加するから、フリー層12におけるバルクハウゼンノイズを除去し、高品質の検出信号を得ることができる。バイアス磁界誘導層21は、バイアス磁界FXの方向Xで見た幅が強磁性トンネル効果膜1の幅よりも大きくなっているから、バイアス磁界誘導層21の幅方向の両端部分に、強磁性トンネル効果膜1から間隔を隔てて、バイアス付与手段23、24を形成することができる。このため、バイアス付与手段23、24によるフリー層12ービンド層13間の電氣的ショート等を回避することができる。

【0050】強磁性トンネル効果膜1とバイアス付与手段23、24との間の間隔は、TMR変化率を実質的に低下させないようにするために所定範囲に定めることが望ましい。好ましい態様として実験的に見出された数値を挙げるならば、前記間隔は、 $0.02\mu\text{m}$ 以上、特に、 $0.02\mu\text{m}$ 以上 $0.3\mu\text{m}$ 以下の範囲、さらには $0.02\mu\text{m}$ 以上 $0.15\mu\text{m}$ 未満の範囲とすることが好ましい。

【0051】間隔の値が、 $0.02\mu\text{m}$ 未満となると、TMR変化率が低下する傾向にある。この一方で、このG値が大きくなり過ぎて、 $0.3\mu\text{m}$ を超えると、有効トラック幅が広がってしまい高記録密度化への将来の要求に合致しなくなる傾向が生じる。

【0052】また、上記の実施の形態において、バイアス付与手段23、24は、フリー層12の両端部の上側

に配置されているが、これに限定されることなく下側に配置してもよい。

【0053】更に、バイアス磁界誘導層21は、一端がフラックスプローブ部221を構成する。このフラックスプローブ部221はバイアス磁界誘導層21から突出している。外部磁界は、フラックスプローブ部221からバイアス磁界誘導層21に導入され、更にフリー層12に印加される。従って、薄膜磁気ヘッドへの適用等において、フラックスプローブ部221を空気ベアリング面ABSに位置させ、強磁性トンネル効果膜1は、空気ベアリング面ABSから引込んだ位置に配置することができる。このため、研磨加工時、もしくは研磨加工後において、トンネルバリア層11に電氣的ショートが発生するのを回避することができる。

【0054】フラックスプローブ部221は、その幅が、バイアス磁界誘導層21の幅よりも狭く、バイアス磁界誘導層21から突出しているから、当該TMR素子を、薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合、ヘッドの再生トラック幅はフラックスプローブ部221の幅で決定される微小値に設定できる。

【0055】強磁性トンネル効果膜1の幅は、フラックスプローブ部221の幅と等しいかあるいは大きく、かつ、バイアス磁界誘導層21の幅よりも小さく設定されている。バイアス磁界誘導層21の幅は、 $0.5\sim 4\mu\text{m}$ 程度、フラックスプローブ部221の幅は、 $0.1\sim 2\mu\text{m}$ 程度とされる。

【0056】さらに、フラックスプローブ部221の突出量は、 $0.01\sim 0.3\mu\text{m}$ 、好ましくは、 $0.01\sim 0.2\mu\text{m}$ 、さらに好ましくは、 $0.01\sim 0.1\mu\text{m}$ に設定される。この値は限りなく0に近い方がよいが、小さくなるにつれ、静電破壊の危険性が生じたり、あるいは研磨工程における、フリー層12とビンド層13との電氣的ショートの危険性が生じる。従って、下限値は、 $0.01\mu\text{m}$ 程度とするのがよい。一方、突出量が、 $0.3\mu\text{m}$ を超えると、出力が低下したり、幅方向のバイアス磁界FXが不十分となりバルクハウゼンノイズが生じたりしてしまう。

【0057】図5は第1のリード電極部291及び第2のリード電極部292の別の配置を示す平面図である。図において、図2に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。この実施例では、第1のリード電極部291は、平面角 $\alpha 1=90^\circ$ 、距離DX1=0となる位置に配置されている。第2のリード電極部292の位置は、図2の場合とほぼ同じである。この場合にも、第1の導電層A及び第2の導電層Bの両者において、バイアス磁界FXと同一の方向Xの電流磁界成分FX1、FX2を生じさせる。

【0058】図6は第1のリード電極部291及び第2のリード電極部292の更に別の配置を示す平面図である。図において、図2に現れた構成部分と同一の構成部

分については、同一の参照符号を付してある。この実施例では、第1のリード電極部291及び第2のリード電極部292は、共に、中心線Yの片側（図において中心線Yよりも左側）に位置する。この場合にも、第1の導電層A及び第2の導電層Bの両者において、バイアス磁界FXと同一の方向Xの電流磁界成分FX1、FX2を生じさせ得る。

【0059】図7は第1のリード電極部291及び第2のリード電極部292の更に別の配置を示す平面図である。図において、図2に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。この実施例では、第1のリード電極部291は、バイアス磁界FXの方向Xにある一側面において、第1の導電層Aに連続し、第2のリード電極部292は、バイアス磁界FXの方向Xにある他側面において、第2の導電層Bに連続している。第1のリード電極部291及び第2のリード電極部292の位置は、第1の導電層A及び第2の導電層Bの側面に沿い、図において、上下方向に移動し得る。この場合にも、 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2 > 0^\circ$ 、好ましくは $\alpha 1$ 、 $\alpha 2 \geq 5^\circ$ の角度範囲において、バイアス磁界FXと同一の方向Xの電流磁界成分FX1、FX2を生じさせ得る。

【0060】第1のリード電極部291及び第2のリード電極部292の配置に関しては、図1～図7に図示されるものの組み合わせ、または、これらから自明な組み合わせが、種々存在することは明らかである。

【0061】図8は本発明に係るTMR素子の別の実施例を示す斜視図、図9は図8に示したTMR素子の正面断面図、図10は図9の10-10線に沿った断面図である。図において、先に説明した図面に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。図示されたTMR素子は、フラックスガイド層22を含む。フラックスガイド層22は、フリー層12に磁気的に結合され、その一端がフラックスプローブ部221を構成する。このフラックスプローブ部221はバイアス磁界誘導層21から突出している。外部磁界は、フラックスプローブ部221から導入され、フラックスガイド層22を通して、フリー層12に印加される。従って、薄膜磁気ヘッドへの適用等において、フラックスプローブ部221を空気ベアリング面ABSに位置させ、強磁性トンネル効果膜1は、空気ベアリング面ABSから引っ込んだ位置に配置することができる。このため、研磨加工時、もしくは研磨加工後において、トンネルバリア層11に電氣的ショートが発生するのを回避することができる。

【0062】フラックスプローブ部221は、その幅が、バイアス磁界誘導層21の幅よりも狭く、バイアス磁界誘導層21から突出しているから、当該TMR素子を、薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合、ヘッドの再生トラック幅はフラックスプローブ部221

の幅で決定される微小値に設定できる。

【0063】しかも、フラックスガイド層22は、バイアス磁界誘導層21とは別の層となっているから、フラックスガイド層22は、バイアス磁界誘導層21とは別の成膜プロセスによって、形成することができる。

【0064】フラックスガイド層22は、バイアス磁界誘導層21のバイアス磁界FXの方向Xと交差しており、一端がフラックスプローブ部221を構成している。従って、フラックスガイド層22が、その端部において、丸みを生じた場合にも、その丸み部分を除去し、幅寸法の安定した中間部分を、フラックスプローブ部221として利用することができる。このため、高精度の読み取りトラック幅を有するTMR素子を得ることができる。

【0065】図8～図10に示した実施例においても、第1のリード電極部291は、第1の電極/磁気シールド部25、27に流れるセンス電流ISがバイアス磁界FXと同一方向の磁界成分FX1を生じさせる位置において、第1の電極/磁気シールド部25、27の一部に電氣的に連続する。第2のリード電極部292は、第2の電極/磁気シールド部26、28を構成する電極層26に電氣的に連続する。第2のリード電極部292は、第2の電極/磁気シールド部26、28に流れるセンス電流ISがバイアス磁界FXと同一方向の磁界成分FX2を生じさせる位置において、第2の電極/磁気シールド部26、28の一部に電氣的に連続する。これにより、磁界成分FX1、FX2（図9参照）を利用して、フリー層12に印加すべきバイアス磁界FXを増強することができる。

【0066】図11は本発明に係るTMR素子の別の実施例を示す斜視図、図12は図11に示したTMR素子の拡大断面図、図13は図12の13-13線に沿った断面図である。図において、図1～3に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。この実施例では、強磁性トンネル効果膜1は、フリー層12、トンネルバリア層11及びビンド層13の順に積層されている。フラックスガイド層22は、フリー層12と一体に形成されている。フラックスガイド層22は、フリー層12と一体であるが、バイアス磁界誘導層21とは別層であり、バイアス磁界誘導層21の上に積層されている。

【0067】第1のリード電極部291は、第1の電極/磁気シールド部25、27に流れるセンス電流ISがバイアス磁界FXと同一方向の磁界成分FX1を生じさせる位置において、第1の電極/磁気シールド部25、27の一部に電氣的に連続する。

【0068】第2のリード電極部292は、第2の電極/磁気シールド部26、28を構成する電極層26に電氣的に連続する。第2のリード電極部292は、第2の電極/磁気シールド部26、28に流れるセンス電流I

Sがバイアス磁界F Xと同一方向の磁界成分F X 2を生じさせる位置において、第2の電極/磁気シールド部26、28の一部に電氣的に連続する。これにより、磁界成分F X 1、F X 2（図12参照）を利用して、フリー層12に印加すべきバイアス磁界F Xを増強することができる。

【0069】図14は本発明に係るTMR素子の別の実施例を示す正面断面図、図15は図14の15-15線に沿った断面図である。図において、図1～3に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。この実施例では、強磁性トンネル効果膜1は、ピン層13、トンネルバリア層11及びフリー層12の順に積層した構造を有する。バイアス磁界誘導層21はフリー層12に隣接し、フラックスガイド層22はバイアス磁界誘導層21の上に積層されている。フラックスガイド層22は、バイアス磁界誘導層21とは別層である。

【0070】第1のリード電極部291は、第1の電極/磁気シールド部25、27に流れるセンス電流I Sがバイアス磁界F Xと同一方向の磁界成分F X 1を生じさせる位置において、第1の電極/磁気シールド部25、27の一部に電氣的に連続する。

【0071】第2のリード電極部292は、第2の電極/磁気シールド部26、28を構成する電極層26に電氣的に連続する。第2のリード電極部292は、第2の電極/磁気シールド部26、28に流れるセンス電流I Sがバイアス磁界F Xと同一方向の磁界成分F X 2を生じさせる位置において、第2の電極/磁気シールド部26、28の一部に電氣的に連続する。これにより、磁界成分F X 1、F X 2（図14参照）を利用して、フリー層12に印加すべきバイアス磁界F Xを増強することができる。

【0072】図16は本発明に係るTMR素子の別の実施例を示す正面断面図、図17は図16の17-17線に沿った断面図である。図において、図1～3に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。この実施例では、強磁性トンネル効果膜1は、ピン層13、トンネルバリア層11及びフリー層12の順に積層した構造を有する。バイアス磁界誘導層21は、フリー層12と同体形成されている。フラックスガイド層22は、バイアス磁界誘導層21とは別層であり、バイアス磁界誘導層21の上に積層されている。

【0073】第1のリード電極部291は、第1の電極/磁気シールド部25、27に流れるセンス電流I Sがバイアス磁界F Xと同一方向の磁界成分F X 1を生じさせる位置において、第1の電極/磁気シールド部25、27の一部に電氣的に連続する。

【0074】第2のリード電極部292は、第2の電極/磁気シールド部26、28を構成する電極層26に電

氣的に連続する。第2のリード電極部292は、第2の電極/磁気シールド部26、28に流れるセンス電流I Sがバイアス磁界F Xと同一方向の磁界成分F X 2を生じさせる位置において、第2の電極/磁気シールド部26、28の一部に電氣的に連続する。これにより、磁界成分F X 1、F X 2（図16参照）を利用して、フリー層12に印加すべきバイアス磁界F Xを増強することができる。

【0075】図8～図17に示した実施例においても、第1及び第2のリード電極部291、292は、図5～図7を参照して説明した位置を採り得ることは自明である。

【0076】図18は上述したTMR素子を読み出し素子として用い、誘導型電磁変換素子を書き込み素子として用いた面内記録用薄膜磁気ヘッドの斜視図、図19は図18に示した薄膜磁気ヘッドの拡大断面図を示している。図示の薄膜磁気ヘッドは、スライダ4の上に本発明に係るTMR素子で構成された読み出し素子6及び誘導型磁気変換素子でなる書き込み素子5を有する。矢印A1は媒体走行方向を示す。図において、寸法は部分的に誇張されており、実際の寸法とは異なる。

【0077】スライダ4は、媒体対向面側にレール41、42を有し、レールの表面がABS43、44として利用される。レール41、42は2本に限らない。1～3本のレールを有することがあり、レールを持たない平面となることもある。また、浮上特性改善等のために、媒体対向面に種々の幾何学的形状が付されることもある。何れのタイプのスライダ4であっても、本発明の適用が可能である。また、スライダ4は、レールの表面に、例えば8～10nm程度の膜厚を有するDLC等の保護膜を備えることもあり、このような場合は保護膜の表面がABS43、44となる。スライダ4は $Al_2O_3$ -TiC等でなる基体410の表面に $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 等の無機絶縁膜420を設けたセラミック構造体である。

【0078】書き込み素子5及び読み取り素子6は、レール41、42の一方または両者のトレーリング、エッジTRの側に備えられている。書き込み素子5及び読み取り素子6は、スライダ4に備えられ、電磁変換のための端部がABS43、44と近接した位置にある。トレーリング、エッジTRの側にあるスライダ側面には、書き込み素子5に接続された取り出し電極45、46及び読み取り素子6に接続された取り出し電極47、48がそれぞれ設けられている。

【0079】書き込み素子5は、読み取り素子6に対する第2のシールド膜を兼ねている第1の磁性膜51、第2の磁性膜52、コイル膜53、アルミナ等なるギャップ膜54、絶縁膜55及び保護膜56などを有している。第2のシールド膜は、第1の磁性膜51から独立して備えられていてもよい。

【0080】第1の磁性膜51及び第2の磁性膜52の

一端部（先端部）510、520は微小厚みのギャップ膜54を隔てて対向するポール部となっており、ポール部において書き込みを行なう。第1及び第2の磁性膜51、52は、単層であってもよいし、複層膜構造であってもよい。第1及び第2の磁性膜51、52の複層膜化は、例えば、特性改善を目的として行われることがある。ポール部の構造に関しても、トラック幅の狭小化、記録能力の向上等の観点から、種々の改良、及び、提案がなされている。本発明においては、これまで提案された何れのポール構造も採用できる。ギャップ膜54は非磁性金属膜またはアルミナ等の無機絶縁膜によって構成される。

【0081】第2の磁性膜52は、ポール部の側において、ギャップ膜54の面と平行な面に対して、ある角度で傾斜して立ち上がる。第2の磁性膜52は、更に、第1の磁性膜51との間にインナーギャップを保って、ABS43、44の後方に延び、後方において第2の磁性膜52に結合されている。これにより、第1の磁性膜51、第2の磁性膜52及びギャップ膜54を巡る薄膜磁気回路が完結する。

【0082】コイル膜53は、第1及び第2の磁性膜51、52の間に挟まれ、後方結合部の周りを渦巻き状に回る。コイル膜53の両端は、取り出し電極45、46に導通されている（図37参照）。コイル膜53の巻数および層数は任意である。コイル膜53は絶縁膜55の内部に埋設されている。

【0083】絶縁膜55は第1及び第2の磁性膜51、52の間のインナーギャップの内部に充填されている。絶縁膜55の表面には第2の磁性膜52が備えられている。絶縁膜55は、有機絶縁樹脂膜またはセラミック膜で構成する。セラミック膜の代表例は、 $Al_2O_3$ 膜または $SiO_2$ 膜である。絶縁膜55をセラミック膜によって構成すると、有機絶縁膜を用いた場合に比較して、絶縁膜55の熱膨張が小さくなるので、最大突出量を低減するのによい結果が得られる。

【0084】保護膜56は、保護膜56は書き込み素子5の全体を覆っている。これにより、書き込み素子5の全体が、保護膜56によって保護されることになる。保護膜56は $Al_2O_3$ または $SiO_2$ 等の無機絶縁材料で構成されている。

【0085】読み取り素子6は、本発明に係るTMR素子で構成されている。この読み取り素子6は、第1のシールド膜61と、第2のシールド膜63との間において、絶縁膜63の内部に配置されている。絶縁膜63はアルミナ等によって構成されている。読み取り素子6は第1のシールド膜61及び第2のシールド膜62に導通する取り出し電極47、48に接続されている（図18参照）。

【0086】図20は垂直記録用薄膜磁気ヘッドの拡大断面図である。図示された垂直記録用薄膜磁気ヘッドに

おいて、第2の磁性膜52は、主磁極525と、補助磁極526とを含んでいる。主磁極525は垂直書き込みポール部を構成し、補助磁極526は主磁極525及び第1の磁性膜51を磁氣的に結合する。第1の磁性膜51は主磁極525から生じた磁束の戻り磁路を構成する。コイル膜53は主磁極525及び補助磁極526の周りに巻かれている。他の構造は、図18に示した案内記録用薄膜磁気ヘッドと実質的に同じであるので、説明は省略する。垂直記録用薄膜磁気ヘッドを用いた磁気記録の特徴は、磁気ディスクの磁気記録膜を、膜面と垂直となる方向に磁化して磁気記録を行うので、極めて高い記録密度を実現できることである。

【0087】図21は本発明に係る磁気ヘッド装置の一部を示す正面図、図22は図41に示した磁気ヘッド装置の底面図である。磁気ヘッド装置は、薄膜磁気ヘッド8と、ヘッド支持装置7とを含んでいる。薄膜磁気ヘッド8は図18～図20を参照して説明した本発明に係る薄膜磁気ヘッドである。

【0088】ヘッド支持装置7は、金属薄板でなる支持体73の長手方向の一端にある自由端に、同じく金属薄板でなる可撓体71を取付け、この可撓体71の下面に薄膜磁気ヘッド8を取付けた構造となっている。

【0089】可撓体71は、支持体73の長手方向軸線と略平行して伸びる2つの外側枠部75、76と、支持体73から離れた端において外側枠部75、76を連結する横枠74と、横枠74の略中央部から外側枠部75、76に略平行するように延びていて先端を自由端とした舌状片72とを有する。

【0090】舌状片72のほぼ中央部には、支持体73から隆起した、例えば半球状の荷重用突起77が設けられている。この荷重用突起77により、支持体73の自由端から舌状片72へ荷重力が伝えられる。

【0091】舌状片72の下面に薄膜磁気ヘッド8を接着等の手段によって取付けてある。薄膜磁気ヘッド8は、空気流出側端側が横枠74の方向になるように、舌状片72に取付けられている。本発明に適用可能なヘッド支持装置7は、上記実施例に限らない。

【0092】図23は本発明に係る磁気ディスク装置の構成を模式的に示す図である。図示された磁気ディスク装置は、磁気ヘッド装置9と、磁気ディスク10とを含む。磁気ヘッド装置9は図21、22に図示したものである。磁気ヘッド装置9は、ヘッド支持装置7の一端が位置決め装置11によって支持され、かつ、駆動される。磁気ヘッド装置の薄膜磁気ヘッド8は、ヘッド支持装置7によって支持され、磁気ディスク10の磁気記録面と対向するように配置される。

【0093】磁気ディスク10が、図示しない駆動装置により、矢印A1の方向に回転駆動されると、薄膜磁気ヘッド8が、微小浮上量で、磁気ディスク10の面から浮上する。図23に図示された磁気ディスク装置はロー

タリー、アクチュエータ方式と称される駆動方式であり、ヘッド支持装置7の先端部に取り付けられた薄膜磁気ヘッド8は、ヘッド支持装置7を回転駆動する位置決め装置11により、磁気ディスク10の径方向b1またはb2に駆動され、磁気ディスク10上の所定のトラック位置に位置決めされる。そして、所定のトラック上で、書き込み素子5による磁気記録、及び、TMR素子を有する読み取り素子6による読み取り動作が行われる。

【0094】以上、好ましい実施例を参照して本発明の内容を具体的に説明したが、本発明の基本的技術思想及び教示に基づいて、当業者であれば、種々の変形態様を採り得ることは自明である。

【0095】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、次のような効果を得ることができる。

(a) 超高密度記録に適用できるTMR素子、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置及び磁気ディスク装置を提供することができる。

(b) フリー層に印加されるバイアス磁界を増強し得るTMR素子、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置及び磁気ディスク装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るTMR素子の一実施例を示す斜視図である。

【図2】図1に示したTMR素子の部分拡大平面図である。

【図3】図1、図2に示したTMR素子の正面断面図である。

【図4】図3の4-4線に沿った断面図である。

【図5】本発明に係るTMR素子における第1のリード電極部及び第2のリード電極部の別の配置を示す平面図である。

【図6】本発明に係るTMR素子における第1のリード電極部及び第2のリード電極部の更に別の配置を示す平面図である。

【図7】本発明に係るTMR素子における第1のリード電極部及び第2のリード電極部の更に別の配置を示す平面図である。

【図8】本発明に係るTMR素子の別の実施例を示す斜視図である。

【図9】図8に示したTMR素子の部分拡大平面図であ

る。

【図10】図9の10-10線に沿った断面図である。

【図11】本発明に係るTMR素子の更に別の実施例を示す斜視図である。

【図12】図11に示したTMR素子の正面断面図である。

【図13】図12の13-13線に沿った断面図である。

【図14】本発明に係るTMR素子の更に別の実施例を示す正面断面図である。

【図15】図14の13-13線に沿った断面図である。

【図16】本発明に係るTMR素子の更に別の実施例を示す正面断面図である。

【図17】図16の17-17線に沿った断面図である。

【図18】本発明に係るTMR素子を読み出し素子として用い、誘導型電磁変換素子を書き込み素子として用いた面内記録用薄膜磁気ヘッドの斜視図である。

【図19】図18に示した薄膜磁気ヘッドの拡大断面図である。

【図20】本発明に係るTMR素子を読み出し素子として用いた垂直記録用薄膜磁気ヘッドの拡大断面図である。

【図21】本発明に係る磁気ヘッド装置の一部を示す正面図である。

【図22】本発明に係る磁気ヘッド装置の一部を示す正面図である。

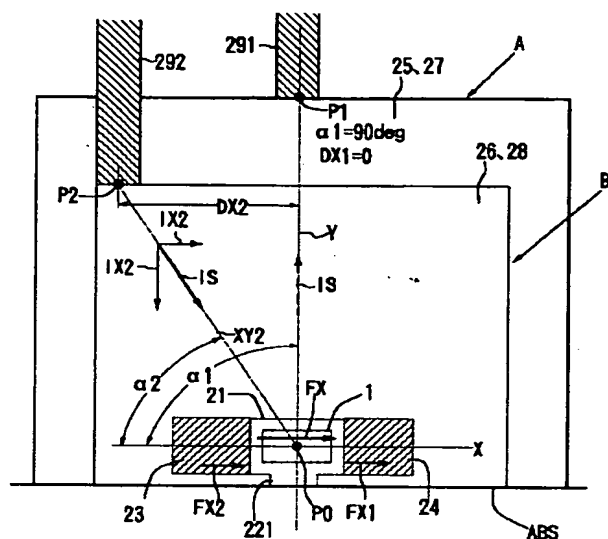
【図23】本発明に係る磁気ディスク装置の構成を模式的に示す図である。

【符号の説明】

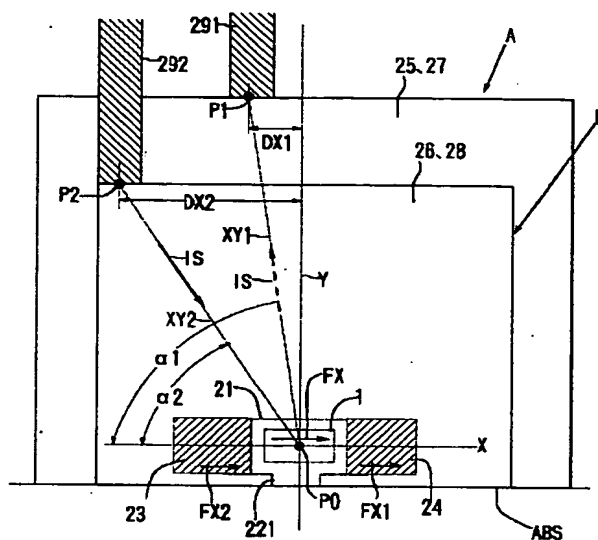
1	強磁性トンネル効果膜
11	トンネルバリア層
12	フリー層
13	ピン層
25、27	第1の電極/磁気シールド部
26、28	第2の電極/磁気シールド部
291	第1のリード電極部
292	第2のリード電極部
A	第1の導電層
B	第2の導電層



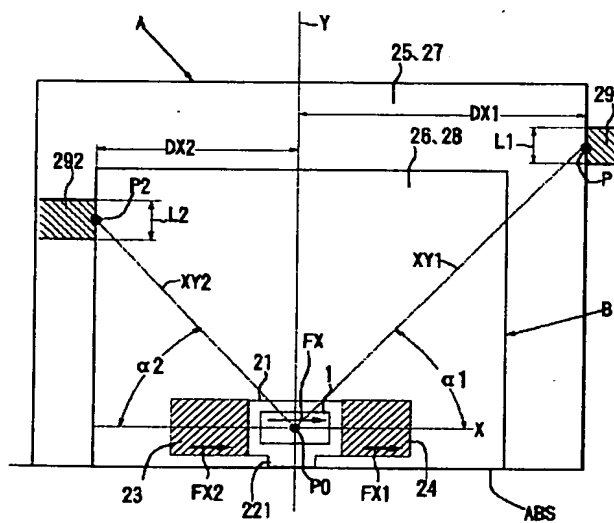
【図5】



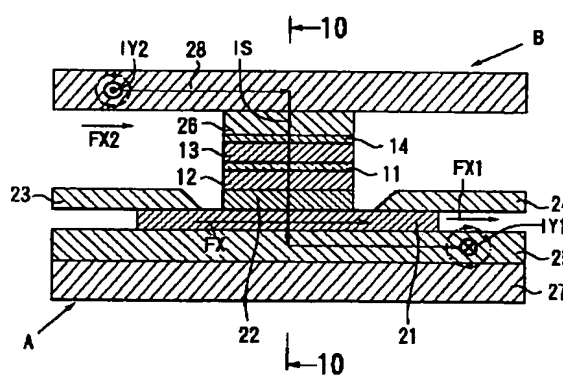
【図6】



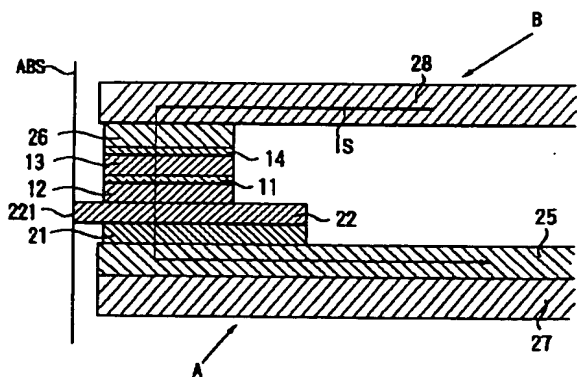
【図7】



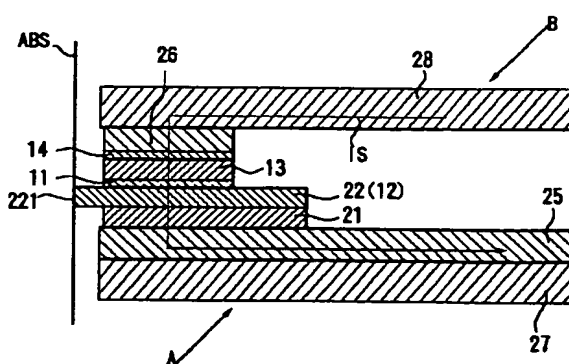
【図9】



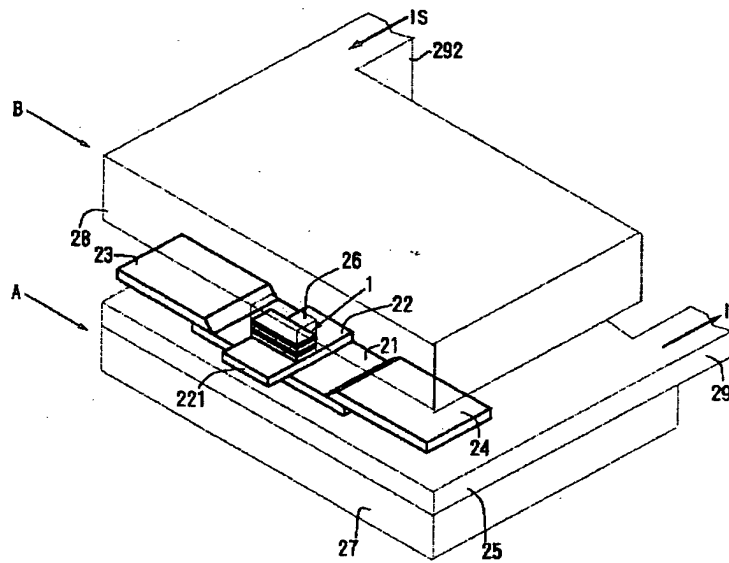
【図10】



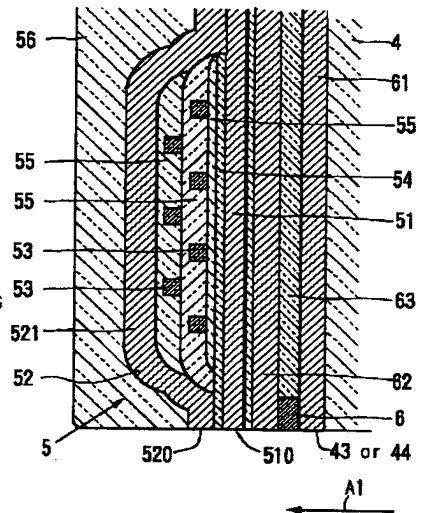
【図13】



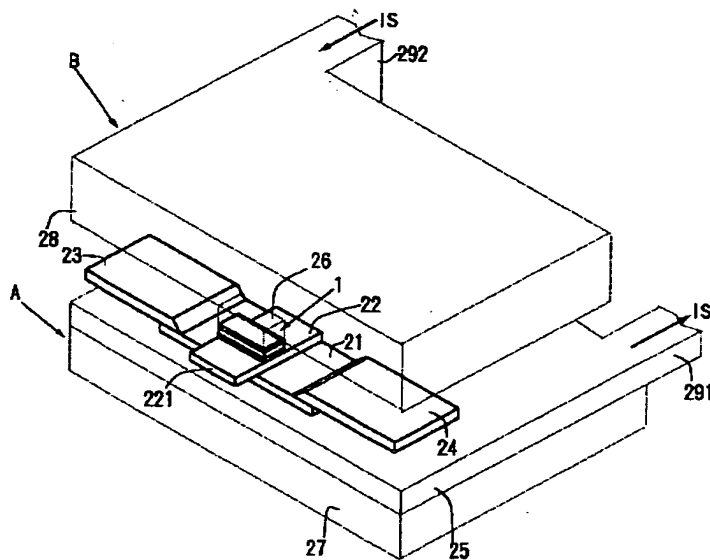
【图 8】



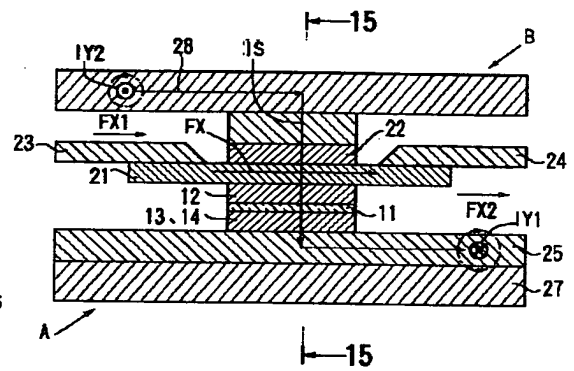
【図 19】



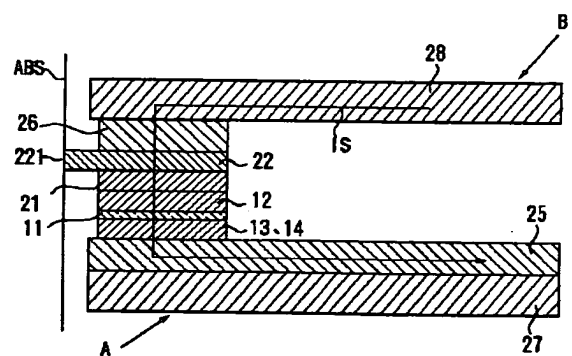
【图 1 1】



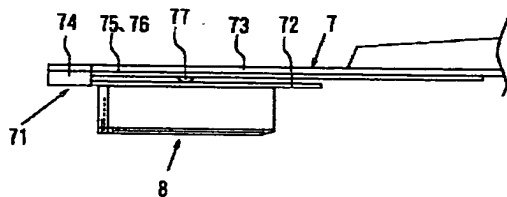
【図 14】



【図 15】

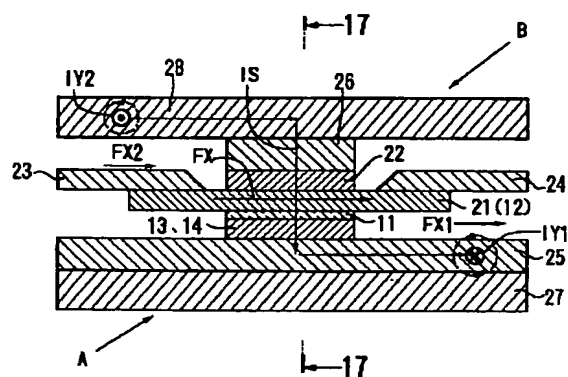


【图 2 1】

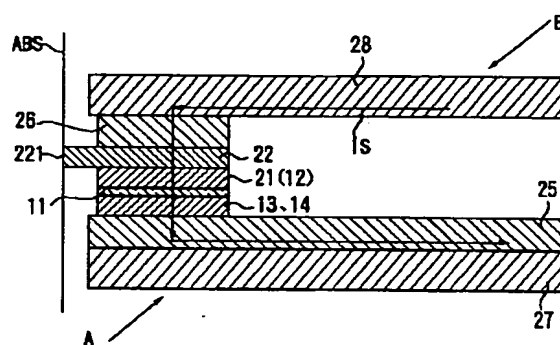




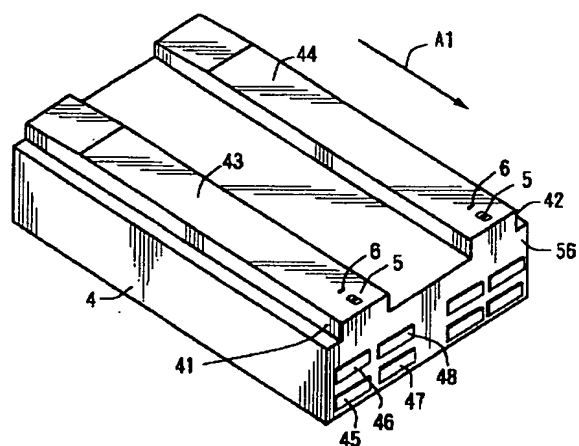
【図 16】



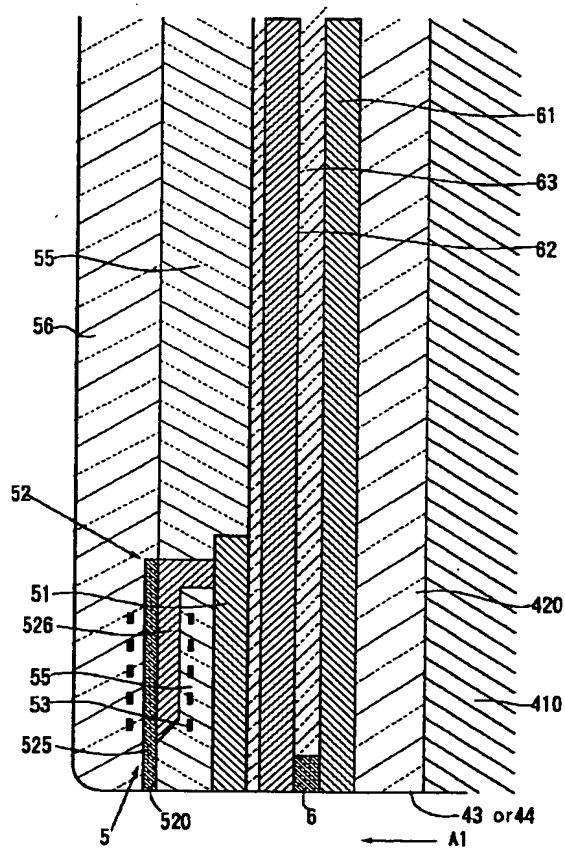
【图 17】



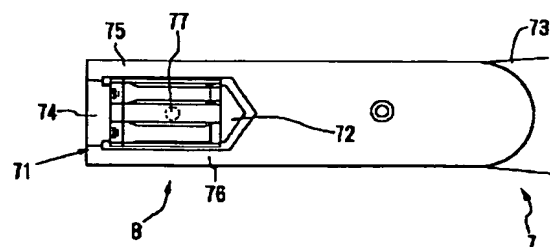
【图 18】



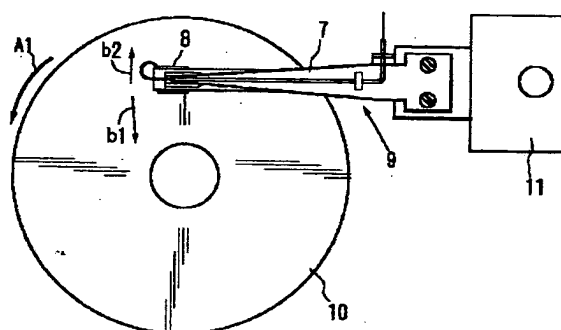
【図 20】



【图 22】



【図23】



フロントページの続き

(72) 発明者 荒木 悟  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティー  
ディーケー株式会社内

Fターム(参考) 5D033 BA01 BB43  
5D034 BA03 BA04 BA08 BB08 BB12